



**Mariana Fragão Aires de Queiroz**

Licenciatura em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

## **Estudo de Melhoria de Gestão de Manutenção de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Professora Doutora Helena Vítorovna  
Guitiss Navas, Professora Auxiliar, FCT/UNL

Co-orientador: Mestre Henrique Alexandre da Silva de  
Castro Veloso, SMAS da Câmara de Almada



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Fevereiro 2015**



## **Estudo de Melhoria de Gestão de Manutenção de uma Estação de Tratamento de Águas Residuais**

Copyright © Mariana Fragão Aires de Queiroz, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



# Agradecimentos

Agradeço especialmente à minha orientadora científica, Professora Doutora Helena Vítorovna Guitiss Navas pelo seu acompanhamento, dedicação, rigor e crítica durante a realização da presente dissertação.

À equipa do Serviço Municipalizado de Águas e Saneamento da Câmara de Almada por me receberem, especialmente, ao Mestre Henrique Alexandre da Silva de Castro Veloso pela ajuda e partilha de conhecimento.

Por tudo agradeço à minha Mãe e ao meu Pai, e aos meus amigos, familiares e irmãos.



# Resumo

A globalização dos mercados torna o aumento da competitividade num dos objetivos principais das organizações.

Uma gestão eficaz e eficiente da manutenção garante qualidade da organização, redução de desperdícios de tempo, de custos e de recursos e o aumento significativo da motivação dos intervenientes. Todos estes fatores tornam o departamento de manutenção num dos focos mais importantes para garantir a competitividade no mercado e a sustentabilidade da organização.

A presente tese foi desenvolvida durante um estágio realizado em parceria entre a FCT/DEMI e o Serviço Municipalizado de Águas e Saneamento, SMAS, da câmara de Almada. O estágio foi realizado na Estação de Tratamento de Águas Residuais, ETAR, da Mutela, que trata de águas residuais de uma população de 147 000 habitantes, tendo um impacto crucial na qualidade de vida, saúde e preservação do ambiente numa área vasta.

O objetivo inicial do estágio incidia na introdução de indicadores de eficiência de gestão de manutenção, uma vez que faltava uma quantificação dos efeitos das rotinas de manutenção preventiva já implementadas. No entanto, no decorrer do presente trabalho, surgiram novas metas, nomeadamente: implementação de algumas rotinas de manutenção *lean* e a melhoria de gestão da informação e documentação.

Deste modo, foram propostas algumas melhorias que promoveram a redução de custos, aumento da qualidade dos processos de gestão de manutenção, aumento da disponibilidade e da fiabilidade dos equipamentos, melhoria na eficácia e eficiência das atividades de manutenção e maior motivação dos intervenientes da manutenção.

Atualmente, está a ser preparado um artigo para o 13º congresso nacional de manutenção organizado pela Associação Portuguesa de Manutenção Industrial-APMI.

Palavras-Chave: Manutenção, Manutenção *Lean*, Indicadores de Manutenção, Sistemas de Informação, Fiabilidade, Disponibilidade.





# Abstract

*With the globalization of markets, competitiveness becomes one of the main goals of organizations.*

*An effective and efficient maintenance improves the quality of an organization, leading to a reduction in costs, enhanced worker motivation and better customer service, that is to say that it serves the interests of the all stakeholders. Therefore maintenance is one of the most important departments to ensure market competitiveness and sustainability within an organization.*

*This work was based on an internship in Municipal Service of Water and Sanitation of Almada in collaboration between DEMI/FCT-UNL. The internship was held in Wastewater Treatment Station of Mutela, that treats the wastewater of 147 000 inhabitants, therefore it has a crucial impact on quality of life, health and preservation of the environment.*

*The initial goal of the internship focused on the introduction of key performance indicators of maintenance, since there was an absence of quantitative data on the effects of the preventive maintenance routines already implemented. However, during this work new targets emerged, namely: contribute to implementation of new lean maintenance routines and the improvement of the information management.*

*Thus it some measures was suggested, that promoted the reduction of costs, increase process quality and reliability of equipment, improve the effectiveness and efficiency of maintenance activities and increases the levels of motivation of the maintenance workers.*

*Presently, is being prepared an article for the 13th national congress of industrial maintenance organized by Portuguese Association of Industrial Maintenance-APMI.*

*Keywords: Maintenance, Lean Maintenance, Key Maintenance Performance Indicators, Information Systems, Reliability, Availability.*



# Índice

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1	Enquadramento e Objetivos da Dissertação .....	1
1.2	Estrutura da Dissertação .....	2
<b>2</b>	<b>INTRODUÇÃO À MANUTENÇÃO .....</b>	<b>3</b>
2.1	Objetivos e Importância da Manutenção .....	3
2.2	Evolução Histórica do Conceito de Manutenção .....	5
2.3	A Interdisciplinaridade da Manutenção .....	6
2.4	Custos da Manutenção .....	7
2.5	Classificação das Atividades de Manutenção.....	8
2.6	Conceito de Avaria de Equipamentos .....	12
2.7	Modelos e Metodologias de Gestão da Manutenção .....	14
2.8	Gestão da Informação de Falhas .....	16
2.9	<i>Design</i> de um Sistema de Informação .....	19
2.10	Fiabilidade .....	20
2.11	Parâmetros e Métodos Estatísticos Fundamentais da Fiabilidade.....	21
2.12	Indicadores Chave de Desempenho de Manutenção .....	24
<b>3</b>	<b>MANUTENÇÃO <i>LEAN</i> .....</b>	<b>33</b>
3.1	Metodologia <i>Lean</i> e Aplicação na Manutenção .....	33
3.2	Técnicas e Instrumentos Analíticos do <i>Lean</i> na Gestão da Manutenção .....	36
<b>4</b>	<b>SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE ÁGUAS RESIDUAIS DA CÂMARA DE ALMADA. ....</b>	<b>45</b>
4.1	ETAR da Mutela.....	46
4.1.1	Funcionamento .....	47
4.1.2	Organização.....	48
4.1.3	<i>Layout</i> da ETAR da Mutela .....	50
4.1.4	Manutenção na ETAR da Mutela .....	51
<b>5</b>	<b>ANÁLISE DA ORGANIZAÇÃO DO SERVIÇO DE MANUTENÇÃO DA ETAR DA MUTELA .....</b>	<b>61</b>

5.1	Atividades Principais de Manutenção .....	63
5.2	Identificação e Análise de Pontos Críticos .....	67
5.2.1	Fluxo de Informação .....	68
5.2.2	Fluxo de Materiais.....	83
6	PROPOSTAS DE MELHORIA .....	87
6.1	Aplicação de Algumas Técnicas de Manutenção <i>Lean</i> .....	87
6.2	Desenvolvimento de um Novo Sistema Informático de Manutenção .....	109
6.3	Proposta de Novos Indicadores de Manutenção .....	125
7	CONCLUSÕES.....	133
	BIBLIOGRAFIA.....	135
	ANEXOS .....	139
	Anexo A1- Processos Efetuados em Cada Fase do Processo de Tratamento de Águas.....	140
	Anexo A2 -Planta da ETAR da Mutela .....	142
	Anexo A3- Ficha do Equipamento(e.g Ponte Raspadora Secundária).....	143
	Anexo A4- Plano Anual(e.g. Bomba centrífuga , 16 semanas) .....	144
	Anexo A5- Plano Mensal(e.g. primeira semana do mês de junho).....	144
	Anexo A6 -Folha de Registo de MPC .....	145
	Anexo A7- Ficha de NS/NA .....	146
	Anexo A8- Ficha de Intervenção Externa.....	147
	Anexo A9- Média de Tempo Despendido em Deslocação até aos Armazéns .	148

# Índice de Figuras

Figura 2.1 Importância crescente da manutenção.....	4
Figura 2.2 <i>Iceberg</i> de custos de manutenção.....	8
Figura 2.3 Tipos de manutenção.....	9
Figura 2.4 Curva da banheira.....	21
Figura 2.5 Categorias de indicadores de manutenção.....	25
Figura 3.1 Valores da manutenção <i>lean</i> .....	35
Figura 3.2 Ciclo PDCA.....	39
Figura 3.3 Pirâmide das fases do ciclo DMAIC.....	43
Figura 3.4 Ciclo DMAIC.....	44
Figura 4.1 Ilustração da ETAR da Mutela.....	46
Figura 4.2 Hierarquia do departamento do MAL.....	49
Figura 4.3 Elaboração dos planos de tarefas de manutenção.....	52
Figura 5.1 Armazém de peças de reserva.....	62
Figura 5.2 Armazém de lubrificantes e detergentes.....	62
Figura 5.3 Arquivo de documentos na sala de comando.....	66
Figura 5.4 Estrutura dos processos de fluxo de informação e fluxo de materiais.....	68
Figura 5.5 Sub-processo de consulta do plano semanal.....	70
Figura 5.6 Sub-processo de consulta da ficha do equipamento.....	72
Figura 5.7 Diagrama <i>spaghetti</i> do sub-processo consulta da ficha de equipamento....	73
Figura 5.8 Sub-processo de preenchimento da ficha de MPC.....	75
Figura 5.9 Diagrama <i>spaghetti</i> do sub-processo do registo dos valores de MPC.....	75
Figura 5.10 Sub-processo de preenchimento do relatório semanal.....	77
Figura 5.11 Diagrama <i>spaghetti</i> do sub-processo de preenchimento do relatório semanal.....	78
Figura 5.12 Sub-processo de verificação do preenchimento do relatório semanal.....	79
Figura 5.13 Diagrama <i>spaghetti</i> do sub-processo de verificação do preenchimento do relatório semanal.....	79
Figura 5.14 Sub-processo de preenchimento da ficha de NA.....	81
Figura 5.15 Diagrama <i>spaghetti</i> do sub-processo de preenchimento da NA.....	82
Figura 5.16 Distância entre os armazéns.....	84
Figura 6.1 Propostas de melhoria <i>lean</i> .....	88
Figura 6.2 Nova ficha de equipamento.....	92
Figura 6.3 Diagrama <i>spaghetti</i> antes de depois da melhoria proposta para a consulta da ficha de equipamentos.....	93

Figura 6.4 Nova ficha de MPC .....	94
Figura 6.5 Diagrama <i>spaghetti</i> antes e depois da melhoria proposta para o sub-processo de preenchimento da ficha de MPC.....	97
Figura 6.6 Novo plano semanal.....	99
Figura 6.7 Nova ficha de NA .....	101
Figura 6.8 Melhoria de arrumação das fichas NA/NS .....	104
Figura 6.9 Propostas de melhoria <i>lean</i> no fluxo de materiais .....	105
Figura 6.10 Nova ficha de inventário .....	105
Figura 6.11 Atribuição de cores a cada edifício .....	107
Figura 6.12 Cartão kanban.....	108
Figura 6.13 Menu do <i>login</i> .....	111
Figura 6.14 Menu inicial .....	111
Figura 6.15 Menu base de manutenção .....	112
Figura 6.16 Proposta para o processo de fluxo de informação da NA .....	112
Figura 6.17 Proposta de nova ficha NA em formato excel.....	114
Figura 6.18 Processo de fluxo de informação da NS .....	115
Figura 6.19 Proposta de nova ficha de serviço externo .....	116
Figura 6.20 Proposta para o plano mensal em formato excel.....	118
Figura 6.21 Proposta para o plano semanal em formato excel.....	118
Figura 6.22 Proposta de nova ficha de MPS em formato excel .....	119
Figura 6.23 Proposta de uma nova ficha de MPC em formato excel .....	120
Figura 6.24 Proposta de histórico em formato excel.....	121
Figura 6.25 Menu do equipamento.....	122
Figura 6.26 Proposta de nova ficha de equipamento em formato excel.....	122
Figura 6.27 Proposta de nova ficha de mão-de-obra em formato excel.....	123
Figura 6.28 Exemplo do gráfico de mão-de-obra tipo de manutenção.....	123
Figura 6.29 Proposta de nova ficha de gestão de materiais em formato excel .....	124
Figura 6.30 Impacto dos Indicadores na ETAR da Mutela.....	125
Figura 6.31 Processo de análise do índice de taxa de avaria.....	127
Figura 6.32 Cálculo da curva da banheira .....	127
Figura A2 Planta da ETAR da Mutela.....	142
Figura A3 Ficha de equipamento da ponte raspadora secundária.....	143
Figura A4 Plano anual da bomba centrífuga- primeiras 16 semanas do ano.....	144
Figura A5 Plano mensal (primeira semana de Junho).....	144
Figura A6 Folha de registo de MPC.....	145

Figura A7 Ficha de NS/NA.....	146
Figura A8 Ficha de intervenção externa.....	147





# Índice de Tabelas

Tabela 2.1 Sistematização de sintomas e causas de avaria.....	13
Tabela 2.2 Sistematização de intervenções e ações futuras..	14
Tabela 3.1 Exemplos de indicadores de avaliação de sub-processos .....	43
Tabela 4.1 Avaliação dos fatores criticidade, urgência, hierarquia e prioridade.....	56
Tabela 5.1 Descrição dos sub-processos do fluxo de informação .....	69
Tabela 5.2 Campos da ficha de plano mensal.....	70
Tabela 5.3 Tempo despendido no sub-processo de consulta do plano mensal .....	70
Tabela 5.4 Aspetos quantificáveis do sub-processo consulta do plano semanal .....	71
Tabela 5.5 Campos da ficha de equipamento .....	71
Tabela 5.6 Tempo despendido no sub-processo consulta da ficha de equipamento (com deslocamento a armazéns).....	73
Tabela 5.7 Tempo despendido no sub-processo consulta da ficha de equipamento (sem deslocamento a armazéns) .....	74
Tabela 5.8 Campos da ficha de registo de MPC.....	74
Tabela 5.9 Tempo despendido no sub-processo do registo dos valores de MPC(com deslocação ao armazém).....	76
Tabela 5.10 Tempo despendido no sub-processo do registo dos valores de MPC.....	76
Tabela 5.11 Campos da ficha de relatório semanal.....	77
Tabela 5.12 Tempo despendido no sub-processo de preenchimento do relatório semanal.....	78
Tabela 5.13 Tempo despendido no sub-processo de verificação do relatório semanal.....	79
Tabela 5.14 Campos da ficha de NA.....	80
Tabela 5.15 Tempo despendido no sub-processo de preenchimento da ficha de NA (com deslocamento a armazéns) .....	82
Tabela 5.16 Tempo despendido no sub-processo de preenchimento da ficha de NA (sem deslocamento a armazéns) .....	82
Tabela 5.17 Distância entre os armazéns.....	83
Tabela 6.1 Redução de tempo da melhoria proposta para a rotina de verificação do plano mensal.....	89
Tabela 6.2 Impacto da melhoria proposta para a rotina de consulta do plano semanal .....	90

Tabela 6.3 Redução de tempo da melhoria proposta para a rotina de consulta da ficha de equipamento.....	91
Tabela 6.4 Impacto da melhoria 1. Proposta para a rotina de consulta da ficha de equipamento.....	92
Tabela 6.5 Redução de tempo da melhoria proposta para a rotina de consulta da ficha de equipamento.....	93
Tabela 6.6 Redução de tempo da melhoria proposta para a rotina da atividade de MPC.....	95
Tabela 6.7 Impactos da melhoria 1 proposta para p preenchimento da ficha de MPC.....	95
Tabela 6.8 Redução do tempo da melhoria proposta para a rotina de preenchimento da ficha de MPC.....	97
Tabela 6.9 Impactos da melhoria 1 proposta para o preenchimento da ficha de registro de tarefas de MPC.....	99
Tabela 6.10 Efeito da melhoria 1 do sub-processo da ficha de NA no tempo despedido.....	102
Tabela 6.11 Impactos da melhoria 1 proposta para o sub-processo de preenchimento da ficha de NA.....	102
Tabela 6.12 Impactos qualificáveis da melhoria 1 do sub-processo de preenchimento da ficha de NA.....	104
Tabela 6.13 Proposta de Indicadores para a ETAR da Mutela.....	126
Tabela A1 Processos efetuados em cada fase do processo de tratamento de águas.....	140
Tabela A9.1. Média de tempo do deslocamento da sala de comando aos armazéns..	148
Tabela A9.2 Média de tempo do deslocamento do armazém ao equipamento.....	148
Tabela A9.3 Média de tempo do deslocamento da sala de comando ao equipamento.	148
Tabela A9.4 Média de tempo do deslocamento do armazém de ferramentas ao equipamento.....	149
Tabela A9.5 Média de tempo do deslocamento da sala de comando ao equipamento.....	149
Tabela A9.6 Média de tempo do deslocamento do gabinete do MAL ao equipamento.	149

# Abreviaturas, Siglas e Simbologia

AMC -Atraso de Manutenção Corretiva;  
AMP- Atraso de Manutenção Preventiva;  
CMMS- *Cumputurised Maintenance Management Systems*;  
D- Disponibilidade;  
DMAIC- *Define, Measure, Analyse, Improve and Control*;  
DEMI- Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial;  
ETAR- Estação de Tratamento de Águas Residuais;  
FCT- Faculdade de Ciências e Tecnologias;  
IP-Índice de Planeamento;  
IS-Índice de Substituição;  
KPI- *Key Performance Indicators*;  
MAL- Manutenção e Apoio Logístico;  
MC- Manutenção Corretiva;  
MP- Manutenção Preventiva;  
MPC- Manutenção Preventiva Condicionada;  
MPS- Manutenção Preventiva Sistemática;  
MTBF- *Mean Time Between Failures*  
MTTR- *Mean Time to Repair*;  
MWT-*Mean Waiting Time*;  
NA- Nota de Avaria;  
NS- Nota de Serviço;  
OEE- *Overall Equipment Efficiency*;  
RCM- *Reliability Centered Maintenance*;  
SAP- *Systems, Applications & Products*;  
SE- Serviço Externo;  
SMAS- Serviço Municipalizado de Águas e Saneamento;  
TBF-Tempo de bom funcionamento;  
TE-Tempo de Espera;  
TMC-Tempo de Manutenção Corretiva;  
TMR-Tempo Médio de Reparação;  
TMP- Tempo de Manutenção Preventiva;  
TPM- *Total Productive Maintenance*;  
VBA- *Visual Basic for Applications*;  
 $\gamma$ - Parâmetro de posição.  
 $\lambda$  -Taxa de avarias;  
 $\mu$ -Taxa de reparações;  
 $\sigma$ - Desvio-padrão.



# 1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta o equacionamento, objetivos e a estrutura da presente dissertação.

## 1.1 ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

No contexto atual de alta competitividade do mercado, o sucesso das organizações depende da resposta rápida às necessidades do mercado e dos objetivos da empresa, é importante que esta seja dada com brevidade e fiabilidade máxima. Esta realidade afeta o modo como é encarada atualmente a manutenção. Assim, torna-se claro que a aposta bem-sucedida em práticas de manutenção contribui de modo direto para o sucesso da organização, garantido a sua sustentabilidade que se traduz em ganhos, quer seja no plano socioeconómico como ambiental [1].

A dissertação foi desenvolvida no âmbito de um estágio curricular realizado na ETAR da Mutela do SMAS de Almada. O estudo integrou-se na política da instituição em busca de maior eficácia e eficiência das atividades de manutenção com uma melhor gestão de recursos e redução de gasto associados à não manutenção, porém nunca foram apurados os resultados quantitativos e qualitativos destas ações. Neste âmbito foi sugerido como tema principal do estudo uma introdução dos indicadores de eficiência das atividades da gestão da manutenção.

Além de introdução dos indicadores foi efetuada uma análise pormenorizada às atividades de gestão de manutenção na ETAR e o levantamento das outras necessidades a curto, médio e longo prazo. No seguimento desta estratégia, foram destacados outros objetivos.

Considerou-se de importância para a empresa a implementação de mais rotinas de manutenção *lean*. As rotinas sugeridas focaram-se na otimização das rotinas de manutenção existentes, alterando-as de modo a as tornar mais simples, eficazes e eficientes. Durante este processo, verificou-se que a gestão de documentação deveria ser revista e melhorada bem como a disposição da documentação. Assim foram elaborados novos modelos de alguns documentos e melhorados alguns existentes e sugerida uma nova disposição da documentação. Estas melhorias tiveram como intuito a redução de desperdícios de tempo e deslocações e a melhoria da qualidade da informação gerada e partilhada durante as rotinas.

Também foi considerada a necessidade de reformular e melhorar o sistema de informação. No seguimento da identificação desta necessidade foi elaborado um modelo de um sistema de manutenção informático com um *design* intuitivo, que contém todos os documentos necessários para uma boa gestão das atividades de manutenção.

O novo sistema visa melhorar a comunicação entre todos os intervenientes e também a qualidade do histórico de avarias que é fundamental para o cálculo dos indicadores de performance de manutenção.

## 1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação está dividida em seis capítulos.

O primeiro capítulo “Introdução”, contém o enquadramento e definição do trabalho.

No segundo capítulo “Introdução à Manutenção”, abordam-se os temas de manutenção e de fiabilidade. Nomeadamente, a sua evolução histórica explorada a história, as ferramentas e os conceitos destes temas.

No terceiro capítulo “Manutenção *Lean*”, descrevem-se conceitos e ferramentas do *lean* aplicados à manutenção.

O quarto capítulo “SMAS da Câmara Municipal de Almada”, tem ênfase especial na ETAR da Mutela, onde é o trabalho foi desenvolvido. O capítulo descreve a organização da ETAR, o processo de tratamento de águas residuais e recursos, os métodos utilizados na gestão da manutenção da organização.

No quinto capítulo “Análise à Organização das Atividades de Manutenção da ETAR da Mutela”, realiza-se uma análise aprofundada da organização e da gestão das atividades de manutenção na ETAR, identificando os fatores críticos da ETAR. Foram utilizadas as etapas *define e measure* do método DEMAIC, onde foi analisado o processo de fluxo de informação e materiais, tendo sido encontrados os aspetos críticos do modelo de manutenção da ETAR da Mutela.

No sexto capítulo “Propostas de Melhoria” foram apresentadas as propostas de melhoria para os processos críticos identificados no capítulo cinco. Este é dividido em três subcapítulos principais: “Aplicação de algumas Técnicas de Manutenção *Lean*”, “Desenvolvimento de um Novo Sistema Informatizado de Manutenção” e “Definição de Novos Indicadores de Manutenção”. No sub-capítulo “Aplicação de algumas Técnicas de Manutenção *Lean*” procede-se às etapas *analyse e improve do ciclo DMAIC*, através do auxílio de metodologias de manutenção *lean*, sugerem-se melhorias para os pontos críticos encontrados no capítulo 5. No sub-capítulo “Desenvolvimento de um novo Sistema Informatizado de Manutenção”, é sugerida uma medida a longo prazo que visa eliminar e melhorar os estrangimentos referidos no capítulo quatro e cinco. Neste sentido, apresenta-se um novo sistema informatizado de planeamento e controlo da manutenção. Por último, o sub-capítulo “Proposta de novos indicadores de Manutenção”, onde são sugeridos novos indicadores para a monitorização das atividades de manutenção e o estado dos equipamentos.

No sétimo capítulo “Conclusões” contém as reflexões finais do estudo, descrevendo os objetivos que foram cumpridos e também os seus constrangimentos. Por último, são propostas sugestões para trabalhos futuros.

## 2 INTRODUÇÃO À MANUTENÇÃO

A globalização crescente torna o mercado cada vez mais competitivo, para garantirem o seu lugar no mercado, as organizações focam os esforços na redução de custos, na qualidade e na sustentabilidade. Esta mudança de filosofia por parte dos detentores das organizações, alterou também o conceito de manutenção: durante muitos anos foi tida como uma atividade de mero apoio a processos industriais e que não agregava valor à empresa e atualmente, é vista como uma ferramenta que atribui ganhos, de competitividade, de qualidade e financeiros [2].

É importante sublinhar que a estrutura atual da maioria das organizações exige que a manutenção se insira no sistema global de gestão. Esta deve estar estruturada desde a fase inicial do projeto e acompanhada ao longo de toda a vida da organização. A aplicação da mutabilidade garante a essa possibilidade “ a manutenibilidade, estudada na fase de projeto, pode-se definir de forma simplificada como sendo a capacidade de se realizar manutenção adequada em tempo e em custo com os meus logísticos previstos” [3].

### 2.1 OBJETIVOS E IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO

Os objetivos da manutenção repartem-se em três grupos:

- i. Objetivos técnicos;  
Relacionados com a obtenção de níveis satisfatórios de desempenho dos equipamentos e de segurança dos funcionários. Normalmente as decisões e definições destes objetivos são tomadas pelos gestores operacionais.
- ii. Objetivos legais;  
Cumprimento de todos os regulamentos e normas impostas pelo equipamento e legislação. Assim, evita-se a ocorrência de acidentes, e transtornos como poluição, ruído e cheiros.
- iii. Objetivos financeiros.  
Alcance dos objetivos técnicos ao custo mínimo.

Os objetivos da manutenção estão relacionados intrinsecamente com os objetivos gerais da organização: lucro, crescimento, segurança e ambiente, e objetivos sociais. Assim, o desenvolvimento de atividades de manutenção facilita o alcance dos objetivos base da organização.

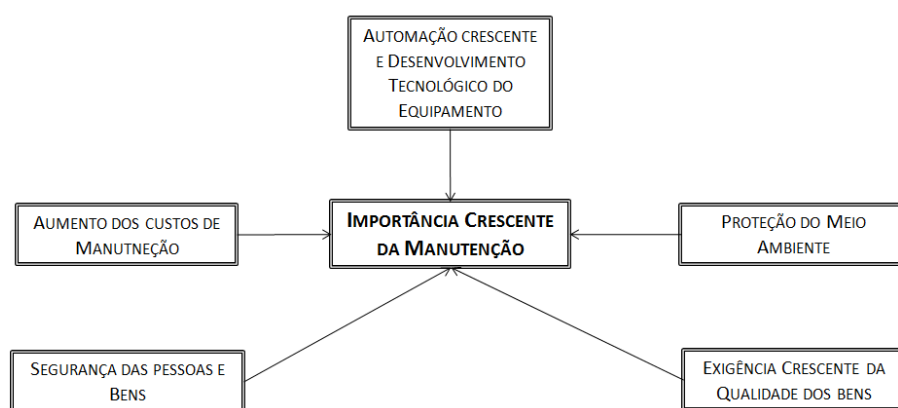
O lucro, é a condição base para que todos os outros objetivos da empresa sejam atingidos. A manutenção contribui diretamente para a obtenção de lucro, uma vez que prolonga o tempo de vida útil dos equipamentos. Deste modo, as organizações minimizam custos associados com os equipamentos (e.g. reparações, energia e fluidos) e evitam quebras de produção que por suas vezes se traduzem em quebras de vendas.

O crescimento é importante para que o produto se mantenha no mercado. Esta necessidade, leva a que a qualidade seja um ponto essencial, para a satisfação do cliente. A qualidade é garantida pela manutenção dos equipamentos, que através da salvaguarda do bom funcionamento do equipamento, assegura que o produto terá as características desejadas, que haja menos produtos com defeito e deste modo, o equipamento tenha um rendimento mais elevado.

A segurança e o ambiente, são prioridades das organizações, onde não se deve economizar. Pelo contrário, deve-se investir. Deste modo, a manutenção tem um papel fulcral na redução de acidentes e na promoção da qualidade e prevenção do ambiente. Isto, deve-se à redução de avarias que se traduz na diminuição dos acidentes por avaria de máquina. Este último facto é relevante tanto para a segurança como para o ambiente, uma vez que, muitas vezes os operadores por falta de conhecimento de manuseamento têm acidentes, além de, eliminar a poluição pelo abandono dos equipamentos obsoletos. Outro ponto positivo é a diminuição de emissão de poluentes, obtida pela verificação contínua do bom estado do equipamento [4] [5] [6].

Os objetivos sociais são cada vez mais comuns. É importante que a organização se envolva nas questões sociais relevantes, onde podem atuar no sentido de melhoria. Muitos dos objetivos sociais estão relacionados com a empregabilidade, ambiente e segurança e bem-estar do trabalhador. Pontos nos quais a manutenção tem um papel relevante quando bem aplicada. Outro fator importante é a afetação do funcionamento de indústrias em meios de habitação, por emissão de poluentes, de ruídos e cheiros. Muitas das vezes, não há qualquer legislação que proteja os grupos sociais destas ameaças, o que torna importante um papel sensato, por parte da organização, na planificação da manutenção, de modo a garantir que os equipamentos estão em condições de bom funcionamento [13].

Costa, explicita os pontos referidos. Acrescentando-lhe novos fatores: a automação crescente e desenvolvimento tecnológico dos equipamentos, figura 2.1 [8].



**Figura 2.1 Importância crescente da manutenção. Adaptado de [8].**



Em súmula, o objetivo e importância da manutenção é a diminuição de paragens por avaria, aumentando a disponibilidade do equipamento. Isto possibilita o alcance dos objetivos da organização, nomeadamente aumento da qualidade, regulação do produto, diminuição de custos, aumento de segurança e satisfação do cliente [9].

## 2.2 EVOLUÇÃO HISTÓRICA DO CONCEITO DE MANUTENÇÃO

*“ Je maintiendrai”*

*Príncipe Orange de Holanda*

Segundo a norma EN 13306.2001, a manutenção é definida como a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão efetuadas durante o ciclo de vida de um equipamento, para que este mantenha ou reponha as suas funcionalidades quando necessárias [10].

O objetivo é garantir o funcionamento contínuo da organização a um custo mínimo.

A expressão “manutenção” tem origem no vocabulário militar, sendo utilizada no sentido de manter, nas unidades de combate, os efetivos e o material num nível constante [11]. No entanto, autores defendem que a manutenção tem sido um assunto de séculos. Em 1530, o príncipe Orange de Holanda, tornou “ *je maintiendrai*”, traduzido como “ eu mantenho” o lema do país [12].

Segundo Moubrya a manutenção é das ciências da gestão que mais tem sofrido alterações nos últimos 20 anos. Isto verifica-se pela evolução veloz da tecnologia, estruturas e também social. Um mundo cada vez mais ciente da efemeridade dos recursos e da necessidade de diminuição de desperdícios visualiza de uma forma mais clara os benefícios socioeconómicos e ambientais que traz a adoção de práticas sustentáveis [13].

A história da manutenção evolui ao longo de três gerações:

### A primeira geração

Antes da segunda grande guerra mundial, a indústria não era muito mecanizada, centrando-se no trabalho manual, *craf produtction*. Nesta época, devido à simplicidade dos mecanismos, as avarias dos equipamentos não tinham muita relevância e eram fáceis de revolucionar. Reduzindo-se, a prática de manutenção à manutenção corretiva, aplicada apenas em caso de avaria do equipamento, com o único objetivo de repor as suas funcionalidades.

### A segunda geração

Durante a segunda guerra mundial a indústria sofre uma grande revolução. Através dos estabelecimentos de novas metodologias e invenções, a produção em massa tornou-se corrente, conseguindo satisfazer-se os pedidos de grandes quantidades de produto num curto período de tempo. A produção passou a estar dependente das máquinas e de processos automatizados. Um dos impactos desta mudança, foi a perceção que as avarias tinham precursões grotescas nos resultados finais das

organizações. Assim, os custos de manutenção passaram a alvo de preocupação, e iniciou-se o estudo de modelos de prevenção de avarias. A partir daqui, surgiu o conceito de manutenção preventiva. Em 1960, com o aparecimento do computador, começaram-se a aplicar rotinas de manutenção computadorizadas. Rapidamente sentiram-se os benefícios desta prática, o que levou ao crescimento dos planos de manutenção e a sistemas de controlo.

### A terceira geração

Nos anos 70, a indústria sofreu uma revolução mundial, existiam novas expectativas, pesquisas e técnicas de ação a serem constantemente desenvolvidas.

O baixo nível de *stock*, imposto por filosofias como a JIT, *just in time*, em que são produzidos apenas os bens necessários, na quantidade certa e quando necessário. Tornaram notórias tanto as consequências das avarias do equipamento, como o impacto do aumento dos custos operacionais e diminuição do nível de serviço. Para alcançar os objetivos exigidos por estas novas ferramentas, era necessário evitar quebras de funcionamento como resposta desenvolvem-se técnicas de diagnósticas arrojadas, que melhoram a implementação de manutenção preventiva.

Esta viragem de pensamento, que corre até aos dias de hoje, levou à produção de produtos com mais qualidade, grande rentabilidade, segurança, tempo de vida mais longo dos equipamentos e redução de custos operacionais [13].

É fundamental ressaltar que, nos anos 70 da década XX, surgiu um conceito alargado da manutenção, a terotecnologia. Segundo Husband citado por Farinha “A terotecnologia é uma combinação de práticas de gestão, finanças, engenharia e outras, com o objetivo de conseguir os custos mínimos do ciclo económico dos ativos de oficinas, equipamentos, maquinaria, edifícios e estrutura, bem como a sua instalação, receção, manutenção, modificação e substituição; e, ainda a informação sobre a conceção, desempenho e custo em serviço” [14].

## 2.3 A INTERDISCIPLINARIDADE DA MANUTENÇÃO

O nível organizacional da manutenção engloba muitas vertentes, todas com um papel crucial para o desenvolvimento de práticas de manutenção. Destaca-se as seguintes vertentes:

- i. Investigação operacional;
- ii. Gestão de informação;
- iii. Engenharia;
- iv. Fiabilidade;
- v. Faturação;
- vi. Contabilidade geral e analítica;
- vii. Gestão de *stocks*/peças-de-reserva;
- viii. Qualidade.

### Investigação operacional

Auxilia, através de algoritmos, modelos matemáticos e estatística, a tomada de decisão. Desta forma, torna-se essencial em todo o processo de gestão de manutenção, com destaque no desenvolvimento de algoritmos que integram o sistema de informação de apoio à gestão da manutenção.

### Gestão da informação

Essencial em todo o desenvolvimento contínuo dos atos de manutenção. Sendo determinante para a gestão do histórico de avarias das máquinas, para o seu posterior diagnóstico, para cálculos de rácio de gestão e desenvolvimento das intervenções de manutenção.

### Engenharia

Presente em todas as vertentes pertencentes ao nível organizacional da manutenção.

### Fiabilidade

Essencial para o planeamento das intervenções, dos recursos e das peças-de-reserva.

### Faturação

Está presente na atividade de manutenção, sendo mais evidente, quando a manutenção é prestada a terceiros, isto é, quando a manutenção é subcontratada.

### Contabilidade geral e analítica

Toma um papel de grande importância, acompanhando o orçamento da manutenção, para a tomada de decisões ao nível de datas de amortização e reintegração dos equipamentos e reparações. Deste modo, deve-se anexar à contabilidade, todos os dados de equipamentos introduzidos no sistema de gestão.

### Gestão de *stock*/peças de reserva

O desenvolvimento de ações de manutenção requer disponibilidade das peças de reserva quando requeridas. Para tal, é essencial que a logística que lhe esta associada seja otimizada.

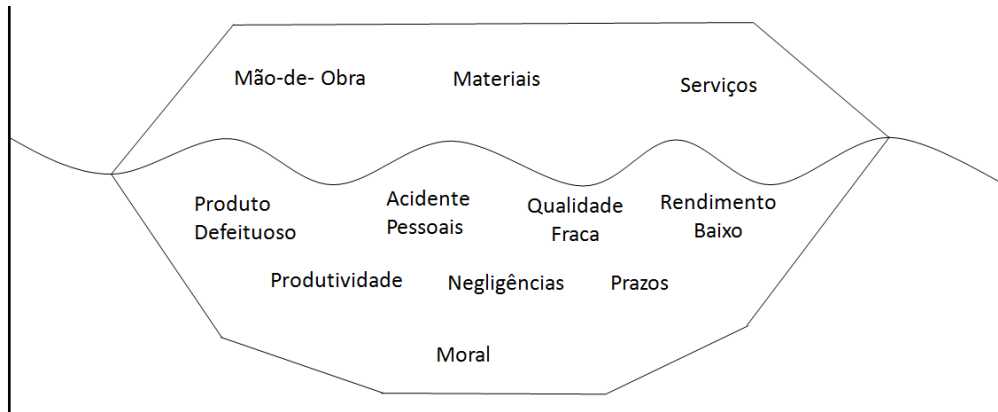
### Sistemas de qualidade

Os níveis de exigência do mercado fazem com que a organização tenha que manter o nível de qualidade para que continue a ter acreditação e encomendas dos clientes [14].

## 2.4 CUSTOS DA MANUTENÇÃO

A abordagem dos custos de manutenção não é completamente direta. Isto porque, além de custos contabilísticos diretos há outros custos, os que advêm das consequências da manutenção ou da ausência desta. Estes últimos não são padronizados e muitas das vezes de difícil perceção. Para os identificar há que responder à questão do tipo “ O que aconteceria se...” (e.g. O que aconteceria se a qualidade do nosso produto diminuísse?).

Os custos de manutenção, são tipificados no *iceberg* dos custos verdadeiros de manutenção, figura 2.2. Onde a ponta visível representa os custos contabilísticos e a parte imersa, representa todos os restantes.



**Figura 2.2 Iceberg de custos de manutenção. Adaptado de [15].**

### Custos Contabilísticos

Os custos subjacentes aos custos contabilísticos são:

- i. Mão-de-obra;  
Esforço em HH (horas. Homem) x respetivo custo padrão; Aqui, são considerados os custos de mão-de-obra e são normalmente embutidos os custos das máquinas, ferramentas e outros meios oficinais.
- ii. Materiais;  
Custo das peças retiradas de armazém ou compradas.
- iii. Serviços.  
Custo dos serviços aplicados por terceiros; incluirá, quando for o caso, o custo dos contratos de manutenção.

### Custos indiretos

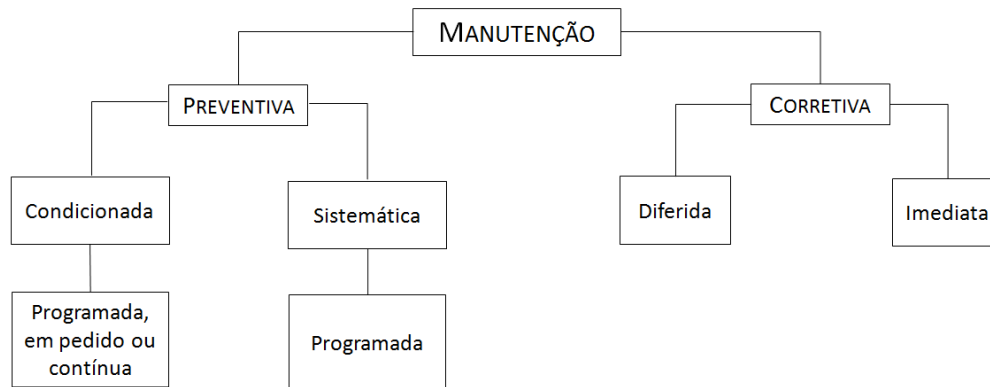
Estes custos podem apresentar pouca percetibilidade. Uma vez que a expressão se refere a qualquer perda de custos afetada pelo não uso ou mau uso da manutenção, podem apresentar várias formas, como, por exemplo, perdas de qualidade, de rendimento, acidentes ou poluição.

Os custos de manutenção que podem ajudar a definir a melhor política de manutenção, são uma soma algébrica complexa que inclui os custos contabilísticos, os custos indiretos e os benefícios resultantes de melhorias de manutenção. Contudo, nem sempre é fácil construir um modelo simples que consiga equacionar os verdadeiros custos de manutenção [15].

## 2.5 CLASSIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO

Divide-se as ações de manutenção em dois grupos: ações orientadas para manter determinadas condições de funcionamento de um equipamento e ações para restaurar as suas funcionalidades.

Assim, está-se perante duas soluções, ou se mantém ou se repara, esta qualificação leva-nos a considerar dois tipos de manutenção: a preventiva e a corretiva, figura 2.3 [4].



**Figura 2.3 Tipos de manutenção. Adaptado de [4]**

#### Manutenção Corretiva, MC

A manutenção corretiva só é realizada quando o equipamento mostra sinais de avaria, necessitando de se restabelecer o seu estado funcional ou em casos pontuais em que se pretende melhorar a performance do equipamento. Existem dois tipos de manutenção corretiva:

- i. Diferida, é efetuada n tempo após à avaria, sendo n determinado consoante regras de manutenção predefinidas;
- ii. Imediata, é efetuada logo após a avaria do equipamento.

Apesar deste tipo de manutenção não ser programada, necessita de um plano de manutenção previamente definido. No caso de avaria é essencial dispor de um plano de ação, que garante todos os meios para que o equipamento volte às suas funcionalidades o mais rapidamente possível. Um ponto-chave neste campo é a formação adequada de todos os funcionários da organização, para que haja agilidade decisória quando requerida [4].

#### Manutenção Preventiva, MP

A manutenção preventiva é definida como a manutenção realizada em intervalos predefinidos de acordo com um critério antecipadamente escolhido.

Este tipo de manutenção visa atingir os seguintes objetivos:

- i. Evitar a ocorrência de avarias e mau funcionamento, equilibrando a carga de trabalho de manutenção;
- ii. Compatibilizar as intervenções com o serviço dos equipamentos;
- iii. Preparar antecipadamente os recursos necessários, de modo a tornar as intervenções económicas e eficazes.

Existem duas formas de atuação da manutenção preventiva:

- i. Sistemática;  
É realizada de acordo com intervalos preestabelecidos, estes podem ser medidos em tempo ou unidades de uso (nº de peças, km percorridos). Estes intervalos são calculados sem qualquer levantamento histórico ou investigação das causas de falha referente ao próprio equipamento.
- ii. Condicionada.  
É realizado tendo em conta estudos de performance do equipamento, através da associação de medidas de desempenho a equipamentos, quando estas atingem o seu limite é tida uma ação de manutenção. Deste modo, atua-se apenas quando há índice de indício de avaria [8] [4].

#### Manutenção Preventiva Sistemática, MPS

A Manutenção preventiva sistemática poderá ser aplicada de duas formas:

- i. Visitas ou inspeções sistemáticas. Constituídas por verificações periódicas a equipamentos críticos, realizado intervenções quando a inspeção as revela necessárias;
- ii. Revisões gerais. Constituídas por atividades de manutenção programadas efetuadas periodicamente com paragem geral da organização ou do sistema.

#### **Implementação de visitas e inspeções sistemáticas**

A boa implementação desta prática requer uma lista organizada das características e histórico do equipamento em análise. Inicialmente é analisado o manual do equipamento, o respetivo histórico e a experiência detida pelos operadores. Com estes dados, define-se o tipo de visitas/inspeções e a respetiva periodicidade. No caso de se tratar de uma inspeção, deve-se, também, identificar as variáveis de desempenho a calcular os recursos necessários.

Durante cada inspeção é preenchida uma ficha tipo, onde o executante regista os dados observados e, caso necessário, emite uma ordem trabalho para a reparação do equipamento. No final, esta ficha é enviada para o “gabinete de planeamento, métodos e preparação de trabalho” para análise e registo histórico.

É importante evidenciar que a redução de desperdício é o paradigma de todas as organizações. Deste modo, torna-se importante a otimização do caminho a percorrer pelos técnicos durante as visitas. Deste modo, a inspeção torna-se mais eficaz.

Segundo [15] a gestão das atividades de manutenção preventiva sistemática, tanto pode ser gerida por métodos manuais como informáticos. No entanto, em ambos, é imprescindível obedecer com rigor à seguinte ordem de trabalhos:

- i. Calendarização dos diversos tipos de inspeção;
- ii. Desencadear na data fixada a emissão da respetiva ordem de trabalho de inspeção com todos os dados necessários;
- iii. Registo histórico.

## **Revisões gerais, preparação e programação**

Em norma, em ambientes fabris, é realizada uma paragem geral da fábrica anual ou bianual, onde é realizada a revisão geral dos equipamentos possíveis modificações ou substituições. Para a realização destas paragens, requerem-se um planeamento rigoroso de todas as atividades de manutenção, uma vez que cada paragem se traduz em perdas financeiras. Seguidamente apresenta-se uma sugestão de organização da preparação de uma paragem de revisão geral:

- i. Preparação e programação da paragem geral;
- ii. Execução de trabalhos;
- iii. Avaliação de resultados e registos.

## **Manutenção Preventiva Condicionada, MPC**

A manutenção preventiva condicionada testa o estado de *performance* do equipamento através da análise de variáveis de funcionamento (e.g. temperatura, vibrações, estado do óleo de lubrificação) e deve ser realizada das seguintes formas:

- i. Continuamente, isto é, as variáveis de desempenho estão sob vigilância permanentemente. Em norma é utilizada para máquinas de grande porte sendo os parâmetros controlados registados em permanência. Deste modo, é possível uma comparação contínua dos valores observados com os valores mínimos admissíveis definidos pelo fabricante;
- ii. Periodicamente, a avaliação das variáveis de desempenho do equipamento segue um agendamento previamente determinado.

As técnicas mais comuns neste género de manutenção são:

- i. Medida de vibrações;
- ii. *Shock pulse measurement*;
- iii. Termometria;
- iv. Termografia;
- v. Ultras som;
- vi. Análise de controlo de desgaste (e.g. análise de óleo de lubrificação, espetrometria).

## **Implementação do sistema**

A implementação é semelhante à implementação de visitas sistemáticas/inspeções. No entanto, esta requer maior investimento em equipamento, recursos humanos e *know-how* específico. Assim, muitas das vezes torna-se benéfico para a organização o contrato de empresas especializada para a prestação do serviço de manutenção condicionada.

A implementação deve seguir as seguintes fases:

- i. Identificação dos equipamentos que justifiquem o uso desta técnica;

- ii. Estabelecimento dos parâmetros de funcionamento a controlar e definir a periodicidade de medidas e os valores admissíveis para cada parâmetro de funcionamento.

### **Manutenção Condicionada e apoio informático**

Atualmente existem no mercado várias aplicações informáticas de apoio à aplicação da manutenção condicionada. Muitas destas, apresentam microcomputadores portáteis que indica ao executante a rota mais racional da sequência de máquinas e equipamentos a observar, as medidas a efetuar e onde deve registar os dados. No final do processo, o microcomputador envia os dados para o computador principal, onde é realizada a análise dos dados e a comparação com valores de referência [11] [14].

### **Benefícios da Manutenção Preventiva**

A identificação e compreensão dos benefícios da MP, por parte da organização promove a alavancagem da boa implementação desta prática.

Os benefícios provenientes do uso da manutenção preventiva são os seguintes:

- i. Redução dos custos de reparação e eliminação/redução das avarias;
- ii. Redução do risco de acidentes devido a avarias, aumento da segurança dos equipamentos e pessoal;
- iii. Aumento do tempo de vida do equipamento;
- iv. Identificação de problemas simples atempadamente;
- v. Otimização de níveis de *stock*;
- vi. Redução do número de peças defeituosas;
- vii. Racionalização da utilização dos recursos humanos e materiais;
- viii. Origem de economias de energia, uma vez que são revistas fugas de óleo, vapor, ar comprimido, água, e outros fluidos envolvidos no processo produtivo.

Em síntese, a MP, previne falhas resultando numa maior disponibilidade do equipamento e performance [15] [16] [17].

## **2.6 CONCEITO DE AVARIA DE EQUIPAMENTOS**

A avaria é a cessação da aptidão de um bem para cumprir uma função requerida. No entanto, na manutenção, a avaria toma um conceito mais abrangente, podendo ser considerada o mau funcionamento de um equipamento [5]. Deste modo, define-se avaria como a inaptidão de um bem para atingir um determinado nível de desempenho [8].

O grau de importância da avaria é determinado pelas suas consequências no contexto onde o equipamento se encontra.

### Relatórios de avarias

A criação de ordens de trabalho corretiva e o relatório de avaria é sempre necessária uma vez que se trata de um trabalho não planeado.



Em organizações com uma boa gestão da manutenção, o detetor da falha envia um pedido de trabalhos que dá origem a uma ordem de trabalho corretiva, que ditará as ações a tomar. Após concluído, é elaborado um relatório da intervenção. Este, deve conter o tempo de espera, isto é, o tempo decorrente entre a data e hora do pedido e a data e hora do início dos trabalhos, para obter o indicador- MWT, do inglês, *Mean Waiting Time*, que, em termos operacionais corresponde ao tempo de reparação. Este indicador toma especial interesse em instalações com dispersão física e controlo centralizado.

No relatório de avaria é essencial a definição clara de:

- i. Sintomas e causas de avaria;
- ii. Intervenções e ações futuras.

#### Sintomas e causas de avaria

Na deteção da avaria, deve ter-se uma definição concreta do sintoma e causa da avaria. Esta deteção está associada a três objetivos, a saber:

- i. Possibilidade de análise técnica a que permitem correlacionar as manifestações dos equipamentos, antes, ou na ocorrência, dos sintomas com as respetivas causas, proporcionando pistas para intervenções preventivas e/ou diagnósticos das causas;
- ii. Proporcionar uma linguagem uniforme que caracterize de uma modo sintético e claro a avaria. (e.g. fratura/material, significa que há uma fratura e que a causa da avaria é uma falha no material;
- iii. Identificação de recetividades em causas de avaria.

Seguidamente são sintetizadas de um modo geral os sintomas e causas de avaria, tabela 2.1. É claro que cada organização pode ter a sua lista. No entanto, é sempre nestes moldes que ela deve ser elaborada: definição no sentido lato e abrangente para o alcance do número mínimo de expressões chave. Estas expressões fazem parte do relatório de reparação das avarias e o histórico.

**Tabela 2.1 Sistematização de sintomas e causas de avaria. Adaptado de [5].**

SINTOMAS		CAUSAS	
<b>INP</b>	Inoperacional	<b>MAN</b>	Má Manutenção
<b>REN</b>	Fraco rendimento	<b>DES</b>	Desgaste
<b>DEF</b>	Produção defeituosa	<b>MOP</b>	Má operação
<b>FUG</b>	Fuga	<b>MDE</b>	Mau desenho
<b>VIB</b>	Vibração	<b>SEG</b>	Causa segunda
<b>FRA</b>	Fratura	<b>ACI</b>	Acidente
<b>RUI</b>	Ruído	<b>NID</b>	Não identificável

### Intervenções e ações futuras

As intervenções e as ações futuras tal como os sintomas e causas devem dispor de uma linguagem uniforme e clara e a informação registada deve ser analisada para a identificação de recetividades de ações.

As ações futuras devem estar presentes, essencialmente, em relatórios de rotinas de inspeção e lubrificação, sempre que os resultados a tal recomendem.

A tabela 2.2 apresenta uma sugestão de tipificação [5].

**Tabela 2.2 Sistematização de intervenções e ações futuras. Adaptado de [5].**

INTERVENÇÕES		AÇÕES FUTURAS	
<b>AJU</b>	Ajustado/afinado	<b>AAJ</b>	A ajustar/afinar
<b>REP</b>	Reparado	<b>ARE</b>	A reparar
<b>PRV</b>	Reparado provisor	<b>AVI</b>	A vigiar
<b>SUB</b>	Substituído	<b>ASU</b>	A substituir
<b>MOD</b>	Modificado	<b>AMD</b>	A modificar
<b>LIM</b>	Limpo	<b>ALI</b>	A limpar

## 2.7 MODELOS E METODOLOGIAS DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO

O uso de modelos que auxiliam a lidar com a gestão da manutenção acarreta um processo de formulação, estudo e análise do comportamento dos equipamentos com relação aos objetivos da organização. Atualmente, destacam-se três modelos de gestão nesta área, o *Reability Centered Maintenance*, o *Risk Based Maintenance* e o *Total Productive Maintenance*. Neste sub-capítulo abordar-se-á os dois primeiros modelos, o RCM e o RBM, o TPM será estudado na secção 2.2, dedicada ao estudo da manutenção *lean*.

### Reability Centered Maintenance

O RCM, traduzido para o português por MCC, Manutenção Centrada na Confiabilidade é o processo usado para determinar as tarefas que devem ser realizadas de modo a assegurar o bom funcionamento de todos os equipamentos [8].

Segundo Farinha o RCM corresponde a um quadro de referência da engenharia que permite uma conceção alargada desta atividade, a qual perspetiva a manutenção como um meio de manter as funções que o utilizador requer do objetos de manutenção em contexto operacional [14].

Para atingir este objetivo, é realizada a programação de atividades de manutenção para os componentes dos equipamentos, dando prioridade aos equipamentos mais críticos. Assim, reduz-se o

tempo de paragem do sistema o que permite uma redução significativa dos custos associados à manutenção.

A implementação deste modelo, é realizada tendo como base a formulação de questões e respetivas respostas, de modo a identificar os equipamentos mais críticos. Após esta identificação é possível a previsão correta das respetivas avarias e rotinas de manutenção exigidas. As questões impostas pelo modelo, são as seguintes:

- i. Quais são as funções e *performance standard* dos equipamentos no seu estado operacional?
- ii. Quais são as avarias funcionais que podem ocorrer?
- iii. O que causa cada falha funcional?
- iv. O que acontece quando ocorre uma falha?
- v. Em que medidas as falhas são de considerar?
- vi. Que ações podem ser desenvolvidas para prever/prevenir cada falha?
- vii. Em caso de não haver nenhuma medida de prevenção de falha, que opções devem ser tomadas?

Existem ferramentas de suporte à decisão, que auxiliam a responder às questões referidas no RCM. O FMECA, *Failure Modes Effects and Critacatily Analysis*, dá resposta à questão (ii) e (iv), que também pode ser respondida recorrendo às árvores de falha e análise estatística-determinística ou não-determinística [3] [18]. A questão (iv), pode ser respondida recorrendo ao COFA, *Consequence of Failure Analysis* [2] [8].

Uma vez identificados os modos de falha, segue-se à determinação das atividade de manutenção adequadas para os modos de falha identificados pelas questões (ii). A etapa seguinte consistirá na listagem das atividades de manutenção e correspondente ordenação pela sua prioridade, nesta fase é necessária uma postura racional e analista.

O plano de RCM estabelecido é mantido ao longo de toda a vida do equipamento, “sendo a manutenção planeada permanentemente supervisionada e sujeita a revisão sistemática, ajustada a partir do histórico dos equipamentos” [19].

Evidentemente, este modelo trás também benefícios de estudo no sentido de aprofundar o conhecimento do equipamento por parte do pessoal técnico das organizações. Este conhecimento pode-se revelar extremamente útil em situações de avarias futuras ou na implementação de rotinas de manutenção.

Centrando-se nas questões qualitativas, este método revela-se bastante eficaz para a realização de uma lista de atividades de manutenção. Por outro lado, a determinação dos intervalos de tempo entre cada intervenção de manutenção, torna-se falível devido à falta de uma análise quantitativa [17].

#### Risk Based Maintenance

É modelo simples, que se segue pelos elementos base:

- i. Identificação;

- ii. Medida;
- iii. Nível de risco;
- iv. Estimação;
- v. Controlo e monitorização.

A implementação é conseguida pelo seguimento dos seguintes passos:

- i. Formação de cenários prováveis de falhas do equipamento, para os mais prováveis é realizada um estudo mais aprofundado;
- ii. Análise detalhada das consequências para as situações selecionadas;
- iii. É realizado um estudo dos casos através de árvores de falha para a determinação da probabilidade de avaria;
- iv. Cálculo do nível de risco;
- v. Comparação do nível de risco com critérios de risco aceitável conhecidos. A periodicidade das intervenções de manutenção é obtida através da minimização do risco estimado.

O objetivo é através da integração da fiabilidade com o nível de risco, obter o planeamento ótimo da manutenção [14].

## 2.8 GESTÃO DA INFORMAÇÃO DE FALHAS

A aplicação com sucesso das ferramentas de manutenção depende de uma base de registo de falhas extensiva e fiável. Sem tal se verificar, todas as atividades aplicadas no sentido de atingir os objetivos propostos pela manutenção podem ser completamente inadequados, não trazendo qualquer resultado favorável à organização, acabando por dar apenas despesas e desperdício de recursos [8].

Tratando-se, o histórico de falhas, uma das atividades da manutenção mais importantes, propõe-se uma análise mais aprofundada do tema.

### Métodos para registo de falhas

Para a implementação de atividade de manutenção é necessário um histórico do registo de falhas. Muitas das vezes, apesar de existir um histórico este é débil, devido à falta de informação da falha, ou, o contrário, existindo um histórico fiável há uma avaliação errada dos dados levando a conclusões incorretas. Normalmente, a má formulação do modo de registo da falha ou falta de formação dos operários para o seu registo, levam a que não se consiga um histórico de falhas fiável e completo. É necessário planear o registo de falhas. Deve-se começar pela escolha do método que se quer implementar. Atualmente, existem métodos manuais, registo em papel, e métodos computadorizados, os registos informáticos [20].

Os métodos manuais, apesar de requererem muito tempo e esforço para o armazenamento, extração e análise de dados, são mais fáceis de utilizar em pequenas organizações e a um custo mais reduzido do que os métodos informáticos. Estas características fazem com que seja das estratégias mais

comuns. Existem várias técnicas para a implementação do método manual. O mais comum é após a finalização da atividade de manutenção, os dados são analisados e introduzidos no sistema por preparadores. Outra técnica é os próprios operadores inserirem os dados no sistema [18] [20].

Atualmente, têm vindo a ser desenvolvidos diversos sistemas de apoio à gestão da informação de manutenção, os mais utilizados são os CMMS, *Computurised Maintenance Management Systems*. Organizações que adotaram o CMMS, tiveram resultados bastantes benéficos, como redução de custos de manutenção, melhor gestão de recursos e aumento da produtividade. No entanto, este sistema tem defeitos, o mais problemático é o formato dos dados. O que acontece é que cada CMMS tem a sua própria formatação e configuração de informação, o que apesar de o tornar num sistema versátil, dificulta a exportação de dados entre diferentes programas e organizações.

Existem CMMS, que descrevem:

- i. A natureza do problema;
- ii. A localização da falha;
- iii. As causas e os efeitos da falha;
- iv. As ações para corrigir a falha.

A informação recolhida tem como o objetivo a implementação de um plano de manutenção preventiva, raramente se usam os dados para a manutenção corretiva. No entanto, a informação recolhida pode servir para a melhor compreensão da avaria e das ações de reparação em situações futuras de necessidade de manutenção corretiva [18].

O principal objetivo do CMMS é de facto reduzir o tempo de quebra de produção através da prevenção de falhas [21].

#### Formas mais eficiente de registo de falhas

Os operadores não têm motivação, disponibilidade nem à vontade para o registo das falhas. Por este motivo, é necessário simplificar ao máximo o registo das falhas e dar aos operadores a formação para que estes tenham sempre presente os objetivos da manutenção [20]. A melhor estratégia é utilizar formulário simples para serem preenchidos pelos operários da organização e um *software* intuitivo, onde é registada apenas a informação necessária [18].

#### Estado atual

Um questionário realizado por Julião direcionado a especialistas de manutenção acerca da gestão de informação sobre falhas, desenvolvido em empresas de Portugal, Reino Unido e Austrália mostrou que as empresas que efetuam registo de falhas têm como principais objetivos:

- i. Planificar e programar a manutenção;
- ii. Efetuar análise de falhas.

Deste estudo, conclui-se que 61% das empresas usam o sistema computadorizado e 26% recorrem ao computadorizado e manual. Dos que usam sistemas computadorizados, maioria recorre a sistemas do

mercado, recorrendo apenas 15% a programas desenvolvidos internamente. Conclui-se também que 70% das empresas usam um sistema de classificação de falhas para otimizar a gestão do registo de falhas, 47% das empresas não recorrem a grande parte da informação devido à dificuldade em avaliar os dados extraídos ou à inutilidade destes. O questionário revelou que uma grande dificuldade são os sistemas de informação para armazenar falhas apresentarem-se débeis para a extração de informação.

Neste estudo, realizaram-se também entrevistas a fornecedores de equipamento que prestam assistência de manutenção aos clientes. Onde se concluiu, que os fornecedores também têm interesse no registo de falhas, afirmando 86% que o registo das falhas dos seus clientes é importante para a otimização dos equipamentos. Os objetivos principais dos fornecedores para a recolha de dados são:

- i. Melhorar a fiabilidade dos seus equipamentos;
- ii. Prestar um melhor serviço ao cliente;
- iii. Facilitar futura assistência.

Deste estudo, destacam-se as seguintes ideias:

- i. Os métodos computadorizados são os mais utilizados;
- ii. A dificuldade de adquirir dados sobre falhas está no insucesso de sistemas de gestão de manutenção. É sugerido que os sistemas sejam mais simples quanto possíveis, intuitivos e que se use um critério para escolher a informação que se deve registar;
- iii. É importante a troca de informação entre os utilizadores e os fornecedores do equipamento.

#### Métodos de Organização de Registo de Falhas

Segundo [21] os objetivos da organização determinam o conteúdo e o formato do relatório. Os objetivos enquadraram-se em três categorias:

- i. Gestão operacional;  
É necessário apenas reportar o trabalho realizado; o sistema dirige-se fundamentalmente ao calendário.
- ii. Gestão técnica;  
São reportados mais elementos a fim de compreender as durações dos trabalhos, os períodos de imobilização e indicadores de manutenção (e.g. MTBF, MTTR).
- iii. Gestão técnico-económica.  
Aqui pretende-se custear analiticamente o trabalho.

O alcance dos objetivos com sucesso, deve ao desenvolvimento de três ações associada diretamente às vertentes dos objetivos precedentes, nomeadamente:

- i. Reportar a realização;  
Para o reporte correto da realização o relatório deve indicar, a data do trabalho terminado, o registo da leitura do contador do equipamento e o responsável pelo trabalho.
- ii. Obter os indicadores técnicos;  
A informação a registar no relatório deve ser a seguinte:
  - a) Data e hora do pedido de trabalhos;
  - b) Data e hora do início do trabalho;
  - c) Data e hora do fim do trabalho;
  - d) Tempo de manutenção (TDM);

- e) Período de intervenção (PDI);
- f) Tempo de inoperacionalidade por avaria (TIA);
- g) Tempo de espera (TDE).

## 2.9 DESIGN DE UM SISTEMA DE INFORMAÇÃO

A utilização de um sistema de informação informático pode ser uma solução para a gestão documental e comunicação de manutenção dentro da organização.

No desenvolvimento do seu *design* o ponto-chave para o seu sucesso é o foco no utilizador. Isto é, a avaliação e relação que o utilizador vai desenvolver com o sistema. Existem 6 pontos-chave, que devem ser tidos em conta durante seu desenvolvimento, de modo a facilitar e melhorar a sua utilização, nomeadamente:

i. Ajuda concreta de navegação;

É importante que o leitor tenha uma perceção clara da sua posição perante o sistema. Sugere-se que sempre que surgira uma ligação entre duas páginas, esta seja assinalada de modo gráfico (e.g. esquemas, *icons*, gráficos). Deste modo, a possibilidade desta conexão é facilmente visível, diminuindo o tempo de navegação e por sua vez aumentando a satisfação do utilizador. Em caso de erro ou necessidade de realizar outra tarefa, deve ser dada a opção de regressar à página anterior. Esta opção deve ser apresentada em todas as páginas, no mesmo local e com a mesma forma. Mais uma vez, deve-se recorrer ao modo gráfico para a apresentar.

ii. Acesso direto;

O utilizador deseja ter acesso à informação num menor número de passos. Isto significa, que a hierarquia do *design* tem que ser eficiente, de modo a minimizar os passos entre o menu de cada página. Isto é, é preferível ter muitas opções com a informação cuidadosamente organizada que poucas opções e muitos menus.

iii. Simples e Consistente;

. As metáforas utilizadas devem ser simples, familiares e lógicas. Se apresentar um alto grau de complexidade gráfica facilmente o utilizador desiste da sua utilização. Para maximizar a sua funcionalidade e legibilidade, o *design* deve ser construído num modelo contínuo e consistente, isto é, tem que haver sempre uma ligação contextual ou gráfica com a ligação anterior; deve ser mantido o *layout*, as cores, o tipo de letra e a organização e informação. O objetivo é a criação de uma identidade facilmente reconhecida pelo utilizador. Deste modo, o utilizador sente-se mais confortável e confiante durante a navegação.

iv. Integridade e estabilidade do *design*;

De modo a que utilizador sinta que a informação oferecida é precisa e confiável. O *design* deve ser desenvolvido de forma cuidadosa; a comunicação tem que ser contínua e lógica; toda a informação interligada deve usar um *design standard*. Um *design* com um visual pobre, construído sem regras e com um standard editorial baixo, não inspira confiança. Também a estabilidade funcional é fulcral para manter os elementos interativos a funcionarem.

v. *Feedback* e diálogo;

O utilizador deve sentir que o sistema comunica com este. Este diálogo é obtido através de uma boa organização da informação; localização dos *links*, motores de pesquisa, *design* apropriado. Também é importante o próprio utilizador passar informação para o sistema através do feedback, Assim, o *design* do sistema de informação deve oferecer espaços reservados a sugestões enviadas para o responsável, deste modo desenvolvem-se melhorias contínuas que agradam o utilizador.

vi. Largura de banda e interação;

Em caso de estar ligado à troca de informação via internet. O utilizador não tolera demoras no deslocamento da informação.

vii. Convenções do *design*;

Por uma questão de hábitos do utilizador, o seguimento do *layout* convencional facilita a navegação. Uma vez, que ao entrar em contacto com o sistema vai-o achar familiar, facilitando a sua adaptação. Assim, o *design* do sistema deve apresentar: o cabeçalho, o rodapé, o local de navegação e elementos que tornem a navegação útil e familiar. É importante relembrar que o objetivo não é chamar a atenção ao utilizador, mas sim tornar o seu uso fácil. O cabeçalho deve ter a identidade da organização, os *links* de navegação e uma caixa de pesquisa. No cabeçalho, o utilizador espera perceber de modo concreto a identidade da organização, e também ter a percepção que a organização sabe o seu nome. Deste modo, deve ter a identificação do utilizador e da organização. Aqui, também deve estar um motor de pesquisa e um botão que o leva à página inicial [22].

## 2.10 FIABILIDADE

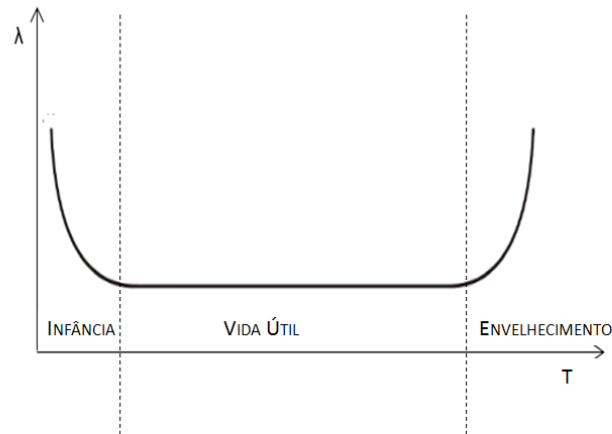
### Conceito de fiabilidade

A avaliação do equipamento é imprescindível para se decidir a política mais adequada de manutenção. Esta avaliação prende-se fundamentalmente às análises de características específicas do equipamento, tais como, robustez, sustentabilidade, fiabilidade, disponibilidade, recuperação e segurança [14].

A fiabilidade é a probabilidade de um equipamento ou componente de um sistema funcionar dentro dos parâmetros de qualidade definidos, durante um determinado período de tempo [14] [23].

Com vista a estudar a fiabilidade, a “curva da banheira”, figura 2.4, é uma técnica usada a avaliar a taxa de falha do equipamento [8].





**Figura 2.4 Curva da banheira. Adaptado de [8].**

Na infância a taxa de avarias é alta, no entanto tem propensão para decrescer. O nível alto de avarias, sucede devido a defeitos congénitos, peças defeituosas, processos de fabricação inadequada, dificuldades de mão-de-obra ou erros de projeto e logísticos. A reparação dos defeitos leva ao decréscimo da taxa de avarias. Neste período a estratégia de manutenção que deve ser implementada é a corretiva.

Durante a vida útil, o valor médio da taxa de avaria é constante. Neste período, as avarias surgem devido a causas aleatórias, externas ao sistema (e.g. acidentes, liberações excessivas de energia, mau uso ou operação inadequada). Para se reduzir estas avarias, deve-se na fase de projeto do equipamento anteceder potenciais falhas. Nesta fase, aconselha-se a manutenção preventiva.

Após a vida útil, verifica-se um crescimento na taxa de avarias, o envelhecimento, tratando-se do período final de vida do equipamento. Nesta fase, o equipamento sofre grande desgaste dos seus componentes (e.g. corrosão, fadiga, deterioração). O objetivo da manutenção é tardar o mais possível o envelhecimento, neste sentido deve ser organizado um plano de manutenção e inspeção desde a infância do equipamento que deve sofrer alterações consoante as características estudadas do equipamento. Nesta fase, as avarias são expectáveis, devendo-se optar por um plano de manutenção preventiva [23].

## 2.11 PARÂMETROS E MÉTODOS ESTATÍSTICOS

### FUNDAMENTAIS DA FIABILIDADE

Para a análise de fiabilidade, há a considerar três parâmetros principais: MTBF, *Mean Time Between Failures*, e MTTR, *Mean Time to Repair*, e MWT, *Mean Waiting time*. É importante sublinhar, que estes são médias e portanto é assumida alguma estabilidade no ciclo de vida dos equipamentos.

A monitorização de  $\lambda$ , equação 2.1, taxa de avarias e o  $\mu$ , equação 2.2, taxa de reparações é essencial para uma avaliação correta dos parâmetros anteriormente descritos.

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad \text{Equação 2.1}$$

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad \text{Equação 2.2}$$

O acompanhamento deste parâmetro é realizado a partir da avaliação dos valores instantâneos dados pelas três funções seguidamente sintetizadas:

- i.  $f(t)$ , função densidade de probabilidade de avaria. Representa a probabilidade do equipamento avaria no instante  $t$ ;
- ii.  $F(t)$ , função acumulada de avarias;
- iii.  $R(t)$ , função fiabilidade.

É importante considerar algumas equações que advêm das relações entre as funções precedentes, como a taxa de avaria que é calculada pela equação 2.3 [9] [14] [24].

$$\lambda = \frac{f(t)}{R(t)} \quad \text{Equação 2.3}$$

A escolha correta da lei estatística associada ao equipamento permite o bom estudo do seu comportamento, essencial para a elaboração de um plano de manutenção eficaz. Para a validação da lei estatística é necessário recorrer a testes de adequação para a certificação da adaptabilidade da estatística ao comportamento do equipamento. Os testes de adequação subjacentes a este objetivo, são, principalmente, o teste  $X^2$  e o teste de *kolmogorov-Smirnov*.

As leis de estatísticas mais recorrentes no estudo da fiabilidade são seguidamente referidas:

- i. Lei exponencial;

É aplicada quando  $\lambda$  é constante num dado intervalo de tempo entre  $t$  e  $t+dt$ . Geralmente é utilizada em sistemas complexos não redundantes ou com taxas de avarias independentes [23].

Os parâmetros referentes, a reter, são [14]:

- a) Probabilidade de sobrevivência entre 0 e  $t$ .

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad \text{Equação 2.4}$$

b) Probabilidade de avaria entre 0 e t.

$$F(t) = \int_0^t f(t)dt \quad \text{Equação 2.5}$$

c) Taxa de avarias

$$\lambda(t) = \lambda(\text{é constante}) \quad \text{Equação 2.6}$$

d) Esperança matemática

$$E(t) = \frac{1}{\lambda} \quad \text{Equação 2.7}$$

e) Variância

$$v(t) = \frac{1}{\lambda^2} \quad \text{Equação 2.8}$$

f) Desvio-padrão

$$\sigma(t) = \frac{1}{\lambda} \quad \text{Equação 2.9}$$

ii. Lei Normal Logarítmica;

Este tipo de distribuição está relacionado com casos em que a causa da avaria desencadeia outras avarias (e.g. corrosão). Habitualmente estas falhas dão-se em rolamentos, motores e geradores, semicondutores, díodos, isolantes elétricos e resistências elétricas.

A função densidade, apresentada na equação 2.10, onde t representa o tempo decorrido até à falha.

$$f(t) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \exp \left[ \frac{-1}{2} \cdot \left( \frac{(\ln(t) - \mu)}{\sigma} \right)^2 \right], t > 0 \quad \text{Equação 2.10}$$

Quando t tende para 0 ou para infinito a função densidade toma o valor 0, o que pode tornar o ajuste difícil para algumas situações. Quando  $\mu \gg \sigma$ , a função aproxima-se da normal [23].

iii. Lei de Weibull.

A Lei de Weibull apresenta três parâmetros principais ajustáveis, nomeadamente:

a)  $\beta$ , Parâmetro de forma.

O parâmetro de forma,  $\beta$ , encontra-se associado à curva da banheira, consequentemente, quanto toma valores inferiores a 0 o equipamento encontra-se na infância e  $\lambda(t)$  diminui, quando é igual a 1 está na vida útil,  $\lambda(t)$  constante e quando é superior apresenta-se no envelhecimento  $\lambda(t)$  aumenta [4] [8].

b)  $\eta$ , Parâmetro de escala. Corresponde ao tempo em que a probabilidade de avaria é de 63.2%.

c)  $\gamma$ , Parâmetro de posição.

O parâmetro de posição informa o tempo em que a avaria inicia. Deste modo há sobrevivência total do equipamento quando o parâmetro se encontra entre o tempo zero e o  $\gamma$ . As avarias iniciam-se na origem dos tempos quando  $\gamma$  toma o valor zero e começam antes da origem dos tempos quando  $\gamma$  é inferior a 0.

Estes parâmetros tornam a lei de *Weibull* numa ferramenta versátil, de ajuste flexível à maioria das situações. Repare-se: se o parâmetro de posição abrange toda a curva da banheira, esta distribuição pode ser aplicada em qualquer idade do equipamento. Estas características, tornam a distribuição de *Weibull* a mais utilizada na manutenção [4] [14] [23] [24].

## 2.12 INDICADORES CHAVE DE DESEMPENHO DE MANUTENÇÃO

OS KPIs, *Key Performance Indicators*, em português indicadores-chave de desempenho, ICD, são parâmetros de medida que descrevem um aspeto de um estado ou operação. Estes, podem ser comparados ao longo do tempo de modo a avaliar a sua evolução [25].

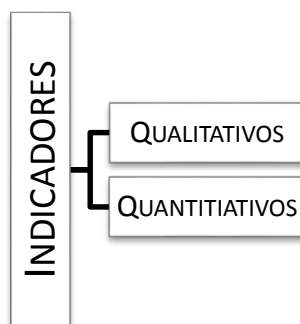
O desenvolvimento de métricas de avaliação da performance da manutenção, colaboram no estudo, reavaliação e perceção dos fatores que causam impacto direto ou indireto na performance da Manutenção da organização [26].

Assim, responde-se às questões: “ Que fatores influenciam? “ “ Como devemos funcionar com o processo? Como o melhorar?”, auxiliando no encontro de fatores chave de ação no sentido de melhorar a gestão da manutenção [27].

No entanto, segundo Cabral deve-se ter sempre em consideração que os indicadores, apenas dão indicações úteis, não exprimindo toda a verdade sobre a realidade [5].

### Categorias

Os KPIs da manutenção dividem-se em duas grandes categorias, figura 2.5, as qualitativas e quantitativas. As primeiras dizem respeito a rácios económico e técnicos, baseados em auditorias, estudos estatísticos, e índices de manutenção. A quantitativa debruça-se sobre fatores humanos [26].



**Figura 2.5 Categorias de indicadores de manutenção.**

O objetivo de ambas é tornar a manutenção mais eficiente e eficaz. Manutenção eficiente refere-se a seguir os procedimentos certos da manutenção, e deste modo, aumentar fiabilidade. A manutenção eficaz trata de se fazer a manutenção certa que se traduz numa maior fiabilidade e menor riscos operacionais.

#### Escolha de KPIs

De acordo com [25] e [27], a seleção dos KPIs, deve ser prudente; escolhas erradas levam a desperdício de tempo e recursos, a conclusões errantes. Deste modo, têm que ser possíveis de analisar e controlar pela equipa responsável, ter resultados na melhoria da manutenção e serem relevantes. Assim, inicialmente deve-se focar nas características que o KPI deve suportar:

- i. Simples;
- ii. Facilmente mensurável;
- iii. Quantificáveis;
- iv. Possível monitorização comparação da atividade entre anos diferentes;
- v. Relacionados com os objetivos da organização;
- vi. Ajudar a tomar decisões de gestão;
- vii. Avaliar os benefícios de uma política de manutenção;
- viii. Ajudar a identificar problemas.

Segundo Cabral não se devem escolher muitos indicadores para se trabalhar, esta atitude pode distorcer a realidade e apelar à conclusão de interações de parâmetros que dificilmente se relacionam entre si [10].

#### Desenvolvimento de um novo sistema de medição da performance da manutenção

Segundo [28], a criação de novos indicadores implica a estruturação de uma equipa de desenvolvimento de indicadores. Sugere-se 8 etapas para a implementação de um novo sistema de medição da performance da manutenção. Nomeadamente:

- i. Compreensão e mapeamento estrutural de processos da organização;  
O objetivo é a definição clara dos processos da organização, da sua localização no mercado

No sentido de desenvolver um sistema de medição da performance que vá ao encontro das características da organização.

- ii. Estabelecimento das prioridades de performance da organização;  
É importante estabelecer os objetivos da organização e das partes interessadas, de modo a conseguir o alcance dos indicadores desempenho que avaliam eficazmente o cumprimento destes.
- iii. Compreensão do sistema atual de performance;  
Em caso de a organização já dispor de um sistema de medição de performance, deve-se proceder à sua avaliação. Desta avaliação duas abordagens são possíveis: suprimir o sistema antigo e introduzir um novo como substituto ou reconstruir o sistema existente. Em maioria dos casos, a segunda hipótese revela-se mais eficiente uma vez que não necessita da migração de dados, nem de período de adaptação.
- iv. Desenvolvimento dos indicadores de performance;  
A atividade mais relevante e crítica é a seleção do conjunto de indicadores de desempenho. O objetivo deste passo é desenvolver o número adequado de indicadores de desempenho, relevantes para a avaliação da performance da organização.
- v. Escolha do método de recolha de dados;  
É necessário garantir na etapa iv. que é possível recolher os dados. De seguida, deve-se identificar a melhor estratégia da sua obtenção.
- vi. Comunicação e formato de apresentação;  
Nesta etapa decide-se o modo como os dados de desempenho são apresentados aos utilizadores; como devem gerir, monitorizar e melhorar os dados e quem deve ter acesso a estes.  
O sistema de medição de performance deve estar incluído no sistema de gestão da manutenção da organização.
- vii. Testar e ajustar o sistema;  
Antes do lançamento do sistema é importante garantir que não há qualquer tipo de conflito entre os dados. Nesta etapa, é necessária uma análise extensiva do sistema e ajustar os elementos que não funcionam como planeado. O resultado, será um sistema onde os principais erros foram eliminados.
- viii. Implementação do sistema;  
O sistema está operacional. Nesta fase há uma forte aposta na formação dos usuários de modo a consciencializar que o sistema é uma ferramenta bastante útil.

#### Desenvolvimento de novos indicadores

Devem considerar-se numa fase inicial todos os fatores que podem constituir o cálculo dos novos indicadores. Seguidamente são abordados os mais utilizados. [15]

- i. Tempo;

**Tc**, tempo de calendário- Exprime-se em dia ou horas, ambos decimais. O seu apuramento resulta da diferença entre a data/hora de fim e a data/hora de inícios de determinado evento ou período

**TF**, tempo de funcionamento - Intervalo de tempo durante o qual um bem desempenha a sua função requerida.

**TRQ**, tempo requerido- Intervalo de tempo durante o utilizador requer que esteja em condições para cumprir uma função requerida.

**TM**, tempo de manutenção- tempo durante se realiza manutenção do bem. É o somatório dos tempos durante os quais alguém esteve dedicado à intervenção de manutenção.

**TR**, tempo de reparação- Intervalo de tempo dedicado a uma intervenção corretiva. Não entram tempos de logística.

**TRU**, Tempo de reparação de urgência- é o tempo de reparação com caráter de urgência.

**TDE**, tempo de espera de atendimento- intervalo de tempo que decorre entre a data/hora a que se inicia um trabalho e a data/hora a que se faz o pedido.

**TIA**, Tempo de indisponibilidade por avaria- tempo em que o equipamento se encontra indisponível por avaria.

ii. Fatores relacionados com esforço HH;

**HHT, HH TOTAL**- número total de horas.homem trabalhadas por pessoal interno e externo de Manutenção.

**Hhi, hh Externo**- é o número total de hras.homem trabalhas na manutenção por pessoa externo

**Hhi, hh interno**- é o número total de hras.homem trabalhas na manutenção por pessoa interno.

**HHMC, HHH manutenção corretiva**- é o número total de horas.homem gasto pelo pessoal interno e externo em manutenção corretiva.

iii. Fatores relacionados com quantidade ou número de eventos;

**NP**, número total de pessoas na manutenção-pessoal interno da manutenção.

**NAV**, número de avarias- igual ao número de ordens de trabalho corretivas.

**NOT**, número de ordens de trabalho- refere o número de ordens de trabalho programada.

iv. Fatores relacionados com custos.

**CM**, custo total de manutenção- é o custo das atividade de manutenção.

**CMC**, custos de manutenção corretiva- é o custo de manutenção relativo às atividade corretivas.

**CMP**, custos de manutenção preventiva- é o custo de manutenção relativo às atividade preventivas

### Indicadores teóricos

Após a identificação e definição dos fatores em “jogo”. Deve-se formular os indicadores. Existem variados indicadores de Manutenção, maior parte da literatura foca-se nos teóricos. No entanto, os teóricos são difíceis de aplicar na Gestão da Manutenção do dia-a-dia, uma vez que tratam dados de recolha difícil. [5]

Os exemplos base de indicadores teóricos estão ligados ao estudo da Fiabilidade, sub-capítulo 2.4.1, como: a Taxa de avaria, MTBF, o MTTR, o MWT e a taxa de reparações.

Pode-se ainda referir um índice, muito mencionado na literatura, a disponibilidade.

A disponibilidade avalia a aptidão de um bem para estar em estado de cumprimento de uma função requerida, num dado instante de tempo, sendo calculada pela equação 2.10.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\sum TFi}{\sum (TFi + TRi + TEi)} \quad \text{Equação 2.10}$$

Onde,

**TFi** diz respeito aos tempos de funcionamento no período i.

**TRi** referem-se aos tempos de reparação no período i.

**TEi** refere os tempos de espera no período i.

Em situação ideal, onde é possível efetuar todas as reparações de avarias fora das horas programadas de operação, as disponibilidades seriam 100%.

A expressão da disponibilidade, também pode assumir a seguinte forma:

$$\text{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MWT} \quad \text{Equação 2.11}$$

### Indicadores práticos

Desagregando os conceitos dos índices teóricos, é feita uma simplificação e ajuste na sua formatação, de modo a simplificar o seu cálculo.

Os indicadores teóricos reportam o funcionamento ao tempo de manutenção e não ao tempo de calendário. Preconizam-se indicadores que se baseiam no tempo de calendário; reformulando os indicadores teóricos para que cumpram este critério.

#### **Taxa de avaria**

A taxa de avarias, o número de avarias por unidade de utilização, é dada pela equação 2.12.

$$\lambda = \frac{N_{av}}{\text{Número de dias no período}} * 365 \quad \text{Equação 2.12}$$



Onde,

**Nav** representa o número de avarias no período de análise.

### **MTBF**

O MTBF refere-se ao tempo decorrido entre as avarias, é calculado pela equação 2.13. O seu cálculo dentro das organizações é bastante benéfico para a perceção do tempo decorrido sem avarias. Quando maior é este valor, menor é a taxa de avarias e consequentemente mais eficaz é a manutenção na organização.

$$MTBF = \frac{\text{número de dias no período} * 24}{Nav} \quad \text{Equação 2.13}$$

### **MTTR**

O MTTR avalia o tempo despendido para a reparação das avarias, isto é o tempo decorrido desde o início da avaria até à sua cessão. Este índice é calculado pela equação 2.14. O seu calculo permite à organização uma perceção da sua agilidade perante situações de avaria. Se este tempo for alto a organização deve reformular os seus métodos de gestão de avarias.

$$MTTR = \frac{TR2 + TR3 + TR4 + TR5}{Nav(\text{horas})} \quad \text{Equação 2.14}$$

Onde,

**TR2...TR5** representa os tempos de reparação em horas das avarias verificadas no período, e Nav, o número de avarias do equipamento nesse período.

### **Disponibilidade**

A disponibilidade pode ser calculada numa organização utilizando-se a equação 2.15.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{TF * 100}{TT} \quad \text{Equação 2.15}$$

Onde,

**TF** representa tempo de bom funcionamento no período ou seja o total de horas no período em que não esteve a reparar avarias.

**TT** representa o tempo total do período ou seja total de horas do período de análise.

### **MWT**

O MWT avalia o tempo médio de espera de um equipamento antes de iniciar uma reparação. Numa organização em que todos os pedidos de trabalho forem devidamente documentados, é um indicador

bastante expressivo da resposta do serviço de manutenção às solicitações. Este é calculado pela equação 2.15.

$$MWT = \frac{TE1 + TE2 + \dots TEi}{Nav} \quad \text{Equação 2.15}$$

Onde,

**TE** representa o tempo de espera do equipamento [5].

### Outros Índices

Historiadores do desenvolvimento de índices de manutenção formaram índices interessantes de quantificação da eficiência é o caso do índice de Corder e de Pierce [9].

#### **Índice de Corder**

G.G.Corder instituiu um índice, o índice de Corder. Este relaciona a eficiência da manutenção com o custo de substituição do equipamento e o valor das perdas de produção. O índice é calculado pela equação 2.16.

$$E = \frac{k}{C + L + M} \quad \text{Equação 2.16}$$

Onde:

**k** representa uma constante estabelecida de forma que a expressão seja igual a 100 para o ano de referência.

**C** é o custo de manutenção expresso em percentagem do custo de substituição do equipamento sujeito a manutenção.

**L** representa o tempo de paragem de produção expresso em percentagem das horas de produção programadas.

**W** representa as perdas de produção atribuídas à manutenção expressa em percentagem do valor de produção programada.

#### **Índice de Pierce**

O índice de Pierce estabelece uma relação da eficiência da manutenção com a energia elétrica consumida na instalação objeto de manutenção. A expressão é dada pela equação 2.17.

$$Cm = We (a + by) \quad \text{Equação 2.17}$$

Onde,

**Cm** representa o custo anual de manutenção.

**We** é a energia consumida por ano em kwh.

**a** representa o custo anual dos materiais consumidos em manutenção por kwh.

**b** representa número de horas x homem gastos em manutenção por kwh consumido.

y é custo total médio anua da hora x homem do pessoal de manutenção

Este índice pode ser aplicado a máquina, instalações ou fábrica. A comparação deste índice ao longo de anos sucessivos deve-se atualizar os valores de a e y a um ano de referência.

#### Rácios de manutenção

Outra forma de apresentar os índices é através de um rácio. Um rácio é a razão entre duas grandezas. Sendo usados na manutenção para fazer previsões por analogia. As hipóteses de desenvolvimentos de rácios são praticamente ilimitadas.

De seguida, faz-se uma breve referência aos rácios mais populares na manutenção.

#### **Índice Primário da Manutenção, IPM**

Com interesse para a direção financeira da organização. É dado pelo rácio entre o custo de manutenção e o custo de substituição do equipamento

#### **Efetividade da Manutenção, EM**

É dado pela divisão entre a utilização do equipamento e o esforço da manutenção. Onde o esforço é expresso em horas/€ OU EM HH [9].



# 3 MANUTENÇÃO *LEAN*

## 3.1 METODOLOGIA *LEAN* E APLICAÇÃO NA MANUTENÇÃO

### História

O conceito *lean* teve origem nas ações de Henry Ford e na sua linha de montagem. Ford é considerado o primeiro indivíduo industrial a apostar num sistema de produção contínua que engloba todos os elementos da produção: pessoal, matérias-primas e equipamentos.

Em meados dos anos 30 as filosofias de Henry Ford começaram a ser implementadas pela Toyota Motor Company no Japão. Após uma melhoria das filosofias, foi desenvolvido o sistema *just in time*, JIT. Este permite gerir a logística dos materiais, de modo a que a sua entrada no sistema coincida com o consumo para a produção.

A partir dos meados da década de 70 até ao início da década de 90, várias indústrias tentaram emular o sistema desenvolvido pela Toyota. Essas tentativas ficaram conhecidas como “produção contínua”.

Em 1990 James Womack publicou o livro “*The Machine That Changed the World*” explicando detalhadamente a história da produção automóvel desde Ford até ao período em que o livro foi publicado, explorando detalhadamente as indústrias automobilísticas americanas, europeias e japonesas. A expressão “produção *lean*” apareceu a literatura pela primeira vez.

Hoje, as mesmas técnicas de manutenção *lean* são usadas em diversas organizações (e.g. bancos, organizações de serviços, hospitais). Esta filosofia trata-se de um compromisso com a melhoria contínua, onde as metas definidas passam sempre pela redução de desperdícios; seja de tempo, de custos, espera, de movimentações. Proporcionando a entrega no prazo certo do produto com qualidade ao cliente. Atendimento ao cliente; e melhoria contínua [29].

### Definição *lean*

O termo *lean*, traduzido para português, magro, converge automaticamente para a ideia de eliminação, que é, de facto a sua base. Deste modo, a filosofia *lean* aplicada em organizações preza pela eliminação de desperdícios que leva à racionalização dos processos de modo a aumentar a produtividade e o uso mais eficiente de capital e criar valor para o consumidor [30].

### Aplicação na manutenção

A função manutenção está constantemente exposta a adversidades externas e internas, que impossibilitam o cumprimento do plano de manutenção, é necessário reduzir/eliminar os constrangimentos. Neste contexto surge a manutenção *lean*. Esta ferramenta é a aplicação da filosofia *lean* na manutenção de modo a aumentar a sua eficácia e a eficiência das organizações através da redução de desperdício, potenciando benefícios em vários níveis, nomeadamente:

- i. Melhor coordenação de projetos transversais na empresa;

- ii. Melhoria contínua na redução de custos e criação de valor para as partes interessadas;
- iii. Aumento da qualidade e conformidade através de sistemas mais simples, baseados nas pessoas e nos processos mais críticos;
- iv. Melhoria do nível de serviço;
- v. Aumento do envolvimento e motivação das pessoas;
- vi. Redução de tempos, custos e nível de *stock*;
- vii. Otimização do espaço, do tempo e dos recursos da organização.

Deste modo, a manutenção *lean* dirige a organização no sentido de fornecer os mesmos serviços de manutenção com o menor desperdício total [31] [32].

#### Princípio da manutenção *lean*

Um dos focos principais, que se deve ter presente durante a implementação da manutenção *lean* é as pessoas; é preciso que estas se sintam como parte integrante da equipa, não sejam visíveis grandes discrepâncias nos níveis hierárquicos e que as chefias se envolva com o trabalho dos operários. Assim, consegue-se uma equipa motivada para o cumprimento e alcance dos objetivos da organização.

Inicialmente, deve-se desenhar a cadeia de valor da manutenção e avaliar as forças e a fraqueza das práticas atuais. Nesta etapa, são levantados todos os pontos críticos onde é necessário intervir e analisadas as oportunidades de melhoria e é esboçado o estado futuro que se pretende para a manutenção.

Os princípios *lean*, figura 3.1, são aplicados na gestão da manutenção seguindo as seguintes etapas:

- i. Conhecer o cliente;

O cliente da manutenção é o departamento de produção/operações, o cliente externo e os colaboradores da organização. É importante perceber os seus objetivos de modo a definir valor e trabalhar no sentido de o alcançar e melhorar.

- ii. Definir o valor;

O cliente espera 0 avarias, 0 acidentes, 0 paragens, redução de custos e aumento da eficiência. O cliente também espera uma maior colaboração da manutenção durante o desenvolvimento de novos processos e equipamentos.

- iii. Analisar a cadeia de valor;

Identificação das etapas envolvidas na criação do valor que a manutenção entrega aos clientes e reconhecer o que realmente contribui com valor ou com desperdícios.

- iv. Otimizar fluxos;

Otimizar fluxos de informação, de materiais/peças e de pessoas, com o intuito de acelerar os processos de criação de valor. Todos os constrangimentos de fluxo devem ser eliminados.

- v. Aplicar a lógica *pull*;

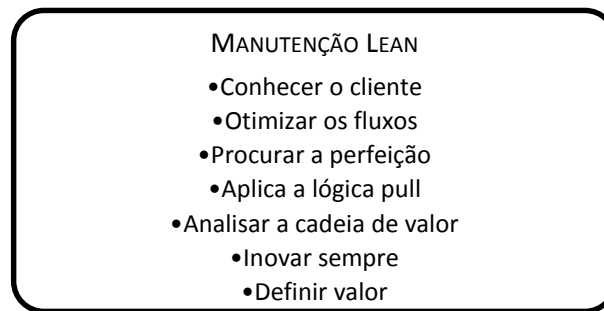
É um princípio aplicado à gestão de materiais, onde, os pontos de trabalho a jusante são clientes dos pontos de trabalho a montante; os pedidos de abastecimento são puxados para os fornecedores, ou seja é o cliente que decide a quantidade que o fornecedor vai produzir.

vi. Procurar a perfeição;

Incutir nos colaboradores de manutenção a constante necessidade de melhorar o desempenho.  
Uma ferramenta muito utilizada para este fim é a *kaizen*.

vii. Inovar sempre.

Inovar práticas de gestão dos equipamentos, identificando oportunidades de melhoria de processos, produtos e serviços, colaborando com outras funções na empresa na procura de processos e bens inovadores [31].



**Figura 3.1 Valores da manutenção *lean*. Adpatado de [31].**

#### O desperdício na manutenção *lean*

A identificação do desperdício é a atividade principal da manutenção *lean*. A eliminação de desperdício centra-se em 7 categorias principais. A saber:

i. Falta de produtividade no trabalho;

Muitas das vezes os trabalhadores têm tempos não produtivos de trabalho, por falta de motivação ou mau planeamento das horas de trabalho.

ii. Espera;

Trata o tempo despendido à espera de passar para a etapa seguinte (e.g. espera de ordens, de pessoas, de ferramentas, de peças)

iii. Deslocamentos desnecessários;

Deslocamentos desnecessários para terminar a tarefa (e.g. procura de peças, deslocamentos para preenchimento de papeis, procura de informação).

iv. Má gestão de *stocks*;

Falta das peças/material necessário na altura necessária ou excesso de *stock* tornando as peças obsoletas e fora de uso.

v. Repetição de trabalho;

Atividades de manutenção que não são realizadas com sucessos requerem a sua repetição ou trabalho extra de modo a atingir os objetivos iniciais da atividade.

vi. Subutilização das capacidades dos trabalhadores;

Muitas das vezes o trabalho dos intervenientes da manutenção foca-se essencialmente nas suas qualificações e não nas suas capacidades.

vii. Má gestão do histórico;

A recolha de dados para o histórico tem, na maior parte das vezes, muitos erros, o que impossibilita o estudo e análise da manutenção [33].

## 3.2 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS ANALÍTICOS DO *LEAN* NA GESTÃO DA MANUTENÇÃO

É necessário identificar potenciais causas que afetem a eficiência da manutenção. Esta identificação deve ser feita por todos os intervenientes da organização, isto porque cada departamento tem uma visão própria da manutenção. Para que a informação chegue a todos de igual modo, sugere-se o agendamento de uma reunião com a devida antecedência, para que todos os intervenientes tenham tempo de preparar as suas sugestões. Nesta reunião devem-se decidir quais as ameaças mais relevantes e quais as potenciais soluções.

Todos os intervenientes devem ser notificados das melhorias, assim, há uma atitude flexível, ágil, perspicaz e atenta no sentido de alcançar um objetivo da organização.

Após a aplicação da ferramenta, é necessário garantir o sucesso desta, deve haver um controlo/avaliação contínua e melhoria. Se não houver este acompanhamento, há a criação de outros desperdícios devido à manutenção estática [34].

### Áreas de Intervenção do *lean* na manutenção

#### **Gestão de *stocks***

Frequentemente, os armazéns contêm peças em excesso ou obsoletas. A organização deve otimizar o seu *stock* de peças, de forma a encontrarem-se disponíveis para manutenção preventiva e corretiva, sem que estejam em excesso. Esta otimização requer comunicação entre gestores, pessoal da manutenção e operários. A comunicação deve centrar-se nas rotinas de manutenção, os trabalhos de manutenção previstos, o uso de peças e o histórico dos equipamentos. Assim, requer-se que os responsáveis de manutenção estejam abertos a sugestões de alteração de operações de manutenção de modo a permitir um controlo mais rígido do *stock* das peças, que se vai traduzir numa redução de desperdícios de material, espaço e tempo.

#### **Manutenção preventiva**

Um programa de manutenção preventiva de qualidade é o pilar para um programa de manutenção de qualidade. Além de a manutenção corretiva acarretar, por norma, gastos superiores, também se traduz num maior número de paragem dos equipamentos não planeado e mais desgaste do equipamento, o que diminui a sua vida útil. Esta atividade deve sofrer uma avaliação consciente e rigorosa, com foco na manutenção centrada na fiabilidade e no risco. Deve-se usar um histórico de confiança para facilitar a gestão da manutenção preventiva.



## **Custos na formação do pessoal**

A manutenção *lean* é transversal a todos os setores, isto significa que todos os intervenientes da manutenção devem ter um conhecimento mais flexível. Deste modo, consegue-se uma força de trabalho mais experiente que está preparada para reconhecer potenciais problemas antes que as operações desses problemas tenham um impacto negativo na organização.

## **Melhoria contínua na manutenção**

Uma vez que a metodologia *lean* é instaurada, deve ser sempre seguida, através de rotinas diárias. Nesta fase é muito importante a boa formação dos intervenientes da manutenção, de modo, a que estes sejam capazes de garantir a redução de desperdícios de tempo, de esforço, de material e de capacidade de produção. Deve-se manter todos os membros incentivados com o trabalho, aqui é imprescindível o apoio contínuo da gestão de topo e o seu envolvimento [34].

O *lean* é aplicado na forma de um conjunto de ferramentas que auxiliam na identificação e eliminação dos desperdícios. Entre estas, segundo [32] as frequentemente mais utilizadas são as seguintes:

- i. 5S;
- ii. *Kaizen*;
- iii. *Kanban*;
- iv. *PDAC- Plan Do Act and Control*;
- v. *TPM – Total Productive Maintenance*.

## **5S**

A desorganização é das maiores causas da ineficiência de uma organização, é urgente identificar os seus pontos críticos e formular soluções. O modelo 5s é uma ferramenta que auxilia nesta tarefa; avalia e valoriza a importância de adoção de procedimentos que diminuam a desorganização. Apelando à implementação e manutenção da limpeza, organização e bom ambiente de trabalho nas organizações [33].

A ferramenta 5s tem origem em 5 palavras japonesas, *seiri*, *seiton*, *seiso seiketsu* e *shitsuke*, traduzidas em português por: eliminar, arrumar, limpar, normalizar e respeitar. Seguidamente é descrito cada S: [35].

### *Seiri*

O objetivo é a supressão de matérias/ferramentas desnecessárias no local de trabalho. Neste primeiro S, toma-se decisões dos materiais que devem permanecer no local de trabalho, que devem ser retirados ou arrumados noutra local. Assim, o local de trabalho apresenta apenas o material estritamente necessário, tornando as ferramentas/materiais mais acessíveis, o que diminui o tempo de deslocamentos.

### *Seiton*

Cada item deve ser etiquetado, possuir um espaço próprio de arrumação de fácil acesso. Deste modo, evita-se perdas de materiais, e diminui-se o tempo de procura dos materiais.

### *Seiso*

O local de trabalho deve estar limpo (e.g. bancadas e chão limpos). Deste modo, reduz-se o lixo, o que aumenta a segurança e qualidade de trabalho do operário.

### *Seiketsu*

É o conjunto de procedimentos que devem existir para a padronização dos 3 S's anteriores. Serve também como controlo dos intervenientes e da chefia para avaliar o estado da aplicação do 5s (e.g. etiquetas, arrumação transparente). Deste modo, melhora-se a comunicação e o compromisso com a melhoria contínua.

### *Shitsuke*

O último S, foca-se na implementação de rotinas de trabalho que promovam o seguimento correto da metodologia 5s por todos os intervenientes da organização. Esta fase, requer um forte investimento e valorização da formação dos intervenientes, no sentido de estimular a padronização desta filosofia e a sua monitorização. É importante a conscientização que uma implementação com sucesso melhora a produtividade, custos, qualidade, segurança e a própria qualidade de trabalho dos trabalhadores [35] [36].

### *Kaizen*

A metodologia *kaizen*, é uma técnica com origem japonesa que tem na sua formação o conceito de melhoria constante. Este método, parte da divisão do processo em processos mais pequeno de modo a facilitar o controlo e a diminuir o custo e o risco de intervenção [37].

O centro desta filosofia são as pessoas, assim, o *kaizen* foca-se numa reunião, a reunião *kaizen*. Nesta reunião, estão presentes todos os intervenientes da organização, independentemente do seu nível hierárquico, com o objetivo de discutir e compreender quais os constrangimentos e encontrar soluções para estes [38].

Segundo [39] e [40] para a organização do evento *kaizen*, deve-se, considerar três figuras principais:

- i. Líder do projeto. Tem como principal função encerrar a reunião. No final desta, deve implementar as soluções propostas;
- ii. Especialista em *lean*. Deve centrar-se na formação dos intervenientes, nos registos, e no cumprimento de prazos;
- iii. Membros da equipa. É um grupo de sete a dez elementos, constituído por pessoas ligadas ao processo e sem ligação.

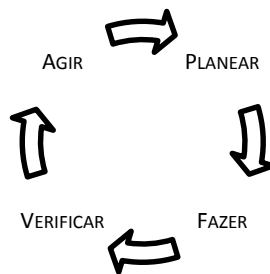
Deste modo encontram-se soluções práticas e com quase aplicação imediata para os processos de Manutenção em análise.

### PDCA, *plan do check and act*

O PDCA, do inglês, *plan-do-check-act*, figura 3.2, é uma técnica de resolução, estruturação e gestão de problemas. Composto por 4 etapas, sugeridas pelo próprio nome, o PDCA desenvolve-se do seguinte modo:

- i. *Plan*, planejar. O problema é reconhecido e analisado e são formuladas as soluções;
- ii. *Do*, fazer. Nesta fase é implementada a solução efetiva, como teste;
- iii. *Check*, verificar. Controlar, avaliar e verificar a viabilidade, eficácia e eficiência das soluções testadas;
- iv. *Act*, Agir. Implementar as soluções.

Deste modo, trata-se de uma técnica de melhoria contínua em que se pode voltar sempre ao início – *plan*- com o intuito de procurar outras soluções.



**Figura 3.2 Ciclo PDCA. Adaptado de [41].**

### Kanban

O *kanban* é uma palavra japonesa; quando traduzida significa “parte-visível”. É, portanto, um método visual que afeta positivamente o nível de produção, *stock* e movimentação de materiais. A sua metodologia base é o sistema *pull*, ou seja a informação de produção vem de jusante; o pedido de material/peça/encomenda pode ser feito pelo cliente ou pelo próprio pessoal da produção. Desta forma, garante-se que o material só é enviado ou produzido quando há sinal do consumidor para o fazer. Esta informação é gerida através de um cartão ou outro tipo de sinal visual. Assim, alcança-se uma redução do *stock* apenas com aplicação de uma ferramenta.

A ideia fundamental da aplicação do *kanban* é a sincronização do fluxo de trabalho, limitar o desperdício de quebras de produção e minimizar excesso de *stocks*. Assim, melhora a produtividade da organização e diminui os desperdícios de produção, desenvolve estações de trabalhos flexíveis e minimiza tempos de espera logísticos e custos logísticos [41] [42].

### TPM

A manutenção produtiva total, abreviada como TPM, do inglês *Total Productive Maintenance*, é uma marca registada pelo *Japana Institute of Plante Maintenance*, JIPM. O termo foi concebido no Japão em início da década 70. Na génese está a técnica *kanban* implementada na empresa *Nippon Denso*, do grupo *Toyota* [5].

Segundo Bhadury citado por Marquez o TPM é uma ferramenta de manutenção que otimiza a eficiência dos equipamentos, elimina avarias e promove a manutenção autónoma pelos operadores através das atividades e objetivos diários.

Trata-se de uma metodologia de implementação demorada e difícil. No entanto, tem a capacidade de aumentar o rendimento operacional que mais nenhuma metodologia garante. Deste modo, a implementação do TPM exige um planeamento rigoroso desde o início para evitar qualquer erro [4].

De acordo com [14] para alcançar os objetivos propostos pelo TPM sugere-se cinco objetivos:

- i. Estabelecer objetivos que maximizem a eficácia da instalação;
- ii. Estabelecer um sistema global de manutenção produtiva que cubra integralmente o ciclo de vida da instalação;
- iii. Obter envolvimento de todos os departamentos, tais como, de planeamento, de operações e de manutenção;
- iv. Obter a participação de todos os membros, desde a chefia superior aos operários;
- v. Reforçar a motivação do pessoal, criando pequenos grupos autónomos da manutenção produtiva.

Os objetivos referidos têm grande foco na importância do envolvimento por parte de todos os intervenientes da organização, especialmente o pessoal da produção; se o objetivo é a diminuição de avarias e otimização da eficiência dos equipamentos, o conhecimento profundo do operador em relação ao equipamento delinea bases para a criação de melhores condições de funcionamento, registo de reclamações e condições para a prevenção de avarias. De facto, é este o principal ponto de destaque do TPM perante outras filosofias [5].

Ahuja [43] dá outra sugestão para os pilares do TPM, evidenciando sete:

- i. 5S. Com origem nas palavras japonesas, começadas pela letra S; seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke. Traduzidas por organização, asseio, limpeza, padronização e disciplina. Esta metodologia visa implementação dos e manutenção dos S's mencionados. Deste modo, é mantida a organização do local de trabalho, essencial para a implementação de novas medidas de melhorias;
- ii. Manutenção autónoma. Visa a formação adequada dos operadores no sentido de estes se responsabilizarem pela manutenção diária dos equipamentos. Deste modo, é possível prever avarias do equipamento e eliminar problemas de raiz, consegue-se também uma maior flexibilidade e motivação dos operadores;
- i. Manutenção programada. Através do apoio de técnicos de manutenção qualificada é realizada uma revisão das rotinas de manutenção. Assim, melhora-se a fiabilidade do equipamento e é mantida a disponibilidade do equipamento;
- ii. *Kaizen*. O termo *Kaizen* refere-se à melhoria contínua. Nesta metodologia são tidas ações de melhoria destinada a uma pequena melhoria de baixo custo e risco;
- iii. Manutenção da qualidade. Garante que o produto cumpre as suas funcionalidades e os objetivos esperados pelo cliente;

- iv. Formação e treino. Refere-se à formação contínua das equipas na área técnica, comportamental e de liderança a fim de cada indivíduo trabalhar de forma correta e autónoma;
- v. Manutenção produtiva total no escritório. Garante a eficiência das funções administrativas;
- vi. Segurança, saúde e meio ambiente. O objetivo é, através da melhoria contínua das instalações, criar as condições necessárias para que haja zero acidentes, zero danos e zero avarias. Assim, garante-se a saúde e bem-estar dos funcionários e ambiente.

O processo de manutenção autónoma desenvolve-se em sete etapas [15]:

- i. Limpeza inicial;
- ii. Medidas de combate contra a fonte de sujidade e local de difícil acesso;
- iii. Elaboração de normas de limpeza e lubrificação;
- iv. Inspeção geral;
- v. Inspeção autónoma;
- vi. Organização e ordem,
- vii. Consolidação.

#### Perdas do TPM

O TPM tem como objetivo a eliminação de perdas e desperdícios, visando a maximização global da eficiência dos equipamentos. Podem identificar-se 6 tipos de perdas que o TPM permite eliminar. Assim tem-se:

- i. Avaria. Trata-se da perda a que mais afeta a eficiência de equipamentos. Normalmente é medida pela fiabilidade dos bens. Existem dois tipos de avaria: o tipo paragem de função é ocasionado de modo repentino; e a do tipo quebra de função que reduz a função do equipamento em relação à função original;
- ii. Tempo de ajustamento e mudança de produto. Perdas devido à necessidade de mudança de produto, chamado tempo de *set up*;
- iii. Defeito/desgaste de ferramentas. Inclui todas as perdas decorrentes da ferramenta. Pode traduzir-se em anomalias no produto final;
- iv. Tempos de paragem. Resultam de problemas esporádicos que fazem com que o equipamento pare ou opere em vazio. (e.g.atrasos, encravamento de uma peça);
- v. Aumento do tempo de ciclo. Advém da diminuição da velocidade de processamento em relação à velocidade nominal. Leva a uma menor produção por unidade de tempo;
- vi. Existência de produtos não conformes. Esta perda é relativa a produtos defeituosos e à necessidade de retrabalho [15] [43].

#### Indicadores de desempenho

Para avaliação dos resultados do TPM é necessário recorrer a medidas de desempenho e analisar o seu valor antes e após a aplicação das ações de melhoria aplicadas.

O OEE, *Overall Equipment Efficiency*, é o indicador de desempenho mais recorrente na implementação do TPM. Este, mede de forma simples a eficiência global dos equipamentos e processos. Segundo [15] [30] e [44] o OEE calcula-se a partir da equação 3.1.

Onde,

$$OEE = DOP \times ID \times TQU \times 100$$

Equação 3.1

**DOP** representa a disponibilidade operacional.

**ID** o indicador de desempenho.

**TQU** representa a taxa de qualidade.

Note-se, que o rendimento operacional de um processo produtivo, depende diretamente da disponibilidade operacional, do desempenho e da qualidade. Assim, através da análise destes parâmetros, consegue-se ter a consciência do peso de cada um no rendimento operacional. Esta análise possibilita o planeamento de ações que reduzam o valor do parâmetro mais crítico, acrescentada eficiência ao processo [29].

O OEE deve ser de 85% para se considerar que o rendimento é bom. Portanto, espera-se obter valores para os indicadores referidos da ordem:

- i. DOP > 90%;
- ii. VEL > 95%;
- iii. TQU > 99%.

Assim, uma organização que leva à prática o TPM melhora o seu rendimento operacional. Isto é conseguido através da atuação direta nas perdas da organização, com uma participação ativa dos operadores, que além dos benefícios financeiros, traz benefícios intangíveis; motivação e envolvimento por parte dos trabalhadores, que são uma luta constante das organizações [15] [44].

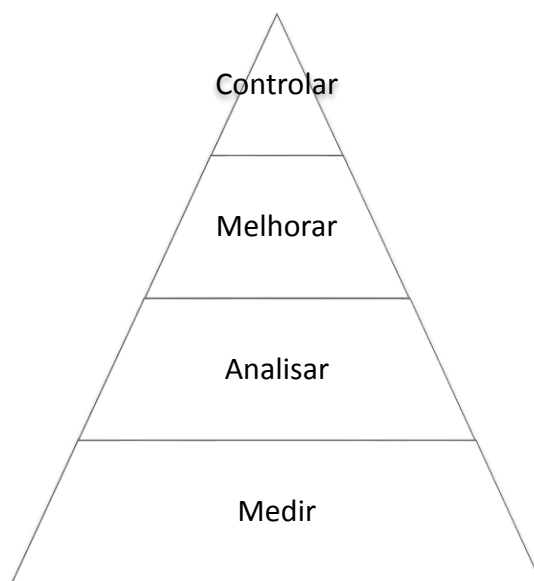
#### Ciclo DMAIC aplicado na manutenção *lean*

O ciclo DMAIC constitui uma ferramenta *lean* para o desenvolvimento de projetos, com principal uso na área da qualidade e na gestão de projetos. Constitui 5 fases interconectadas, *define, measure, analyse, improve e control* traduzidas para o português como definir, medir, analisar, melhorar e controlar, que analogamente a uma pirâmide, deve-se garantir que a fase anterior está completamente estável e definida para se prosseguir à fase seguinte, figura 3.3 [45] [46].

Seguidamente são explicadas etapas do DMAIC

- i. Define, definir;

É a primeira etapa. Aqui, devem-se identificar, avaliar e definir os processos críticos da organização. Tanto o problema como os benefícios da sua resolução devem ser explícitos. Concluída a definição, é importante identificar o interesse dos clientes. A ferramenta VSM, *value stream mapping*, pode ser bastante útil nesta fase. A finalidade do *define* é estabelecer o mapa do processo, que comtemple todas as fases, deste modo toda a organização fica ciente de como se desenvolve o processo, tornando-se mais fácil determinar o papel de cada indivíduo em cada fase



**Figura 3.3 Pirâmide das fases do ciclo DMAIC. Adpatado de [45]**

i. Measure, medir.

Esta etapa é reservada para a criação métricas de avaliação da eficiência do processo, isto é, se o processo cumpre os objetivos para os quais foi desenhado. Uma organização que não consiga exprimir a eficiência do processo não compreende totalmente o processo e os seus resultados. Assim, é necessária uma escolha cuidadosa e rigorosa das métricas.

De modo a avaliar mais eficazmente a eficiência de um processo, deve-se o dividir em pequenos processos, os sub-processos, que o constituem. A finalidade é obter dados rigorosos que fundamentem as decisões a tomar e acrescentem conhecimento aos intervenientes da organização sobre o processo. Nesta fase, pode-se recorrer ao Pareto ou o FMEA.

A tabela 3.1 sugere exemplos de indicadores.

**Tabela 3.1 Exemplos de indicadores de avaliação de sub-processos. Adaptado de [46].**

INDICADOR	DESCRIÇÃO
Work-in-Progress (WIP)	A quantidade de trabalho que entrou no sistema (e.g. número de peças, quantidade de pessoas) e ainda não saiu.
Média de processos acabados	A média de itens que entraram e saíram do sistema.
Tempo de ciclo	O tempo de ciclo de um determinado sistema.
Complexidade	O número de tarefas diferente que uma atividade tem por processo.

ii. *Analyse*, analisar;

Na fase *analyse* é avaliado o valor das métricas recolhidas na fase *measure*, com o intuito de identificar os fatores críticos de desperdício com possibilidade a melhorias. É possível, através da decomposição dos indicadores da fase *measure*, identificar os parâmetros responsáveis pelos problemas. Aqui, geralmente recorre-se a ferramentas gráficas.

iii. *Improve*, melhorar;

A fase *improve* destina-se a encontrar soluções de melhoria para os problemas identificados na etapa anterior, *define*, de modo a otimizar o processo. O desígnio desta fase é melhorar as fatores chave do processo, individualizando os parâmetros que têm um forte impacto na prestação do processo e diminuem a sua eficiência. Nesta fase são postas as prioridades de introdução de ações de melhoria. Assim, respondem-se às questões “ Como é possível identificar, definir, otimizar e controlar os fatores chave do processo?” e “ Quais os subprocessos onde devo interferir inicialmente?”.

iv. *Control*, controlar.

Uma vez que o processo está otimizado é necessário implementar um sistema de controla que permita a manutenção do nível de qualidade, ou seja, é necessário garantir que as melhorias implementadas são mantidas até que se demonstre que existem propostas mais eficazes de atuação [45] [46] [47].

A figura 3.4. resume a lógica do ciclo DMAIC.

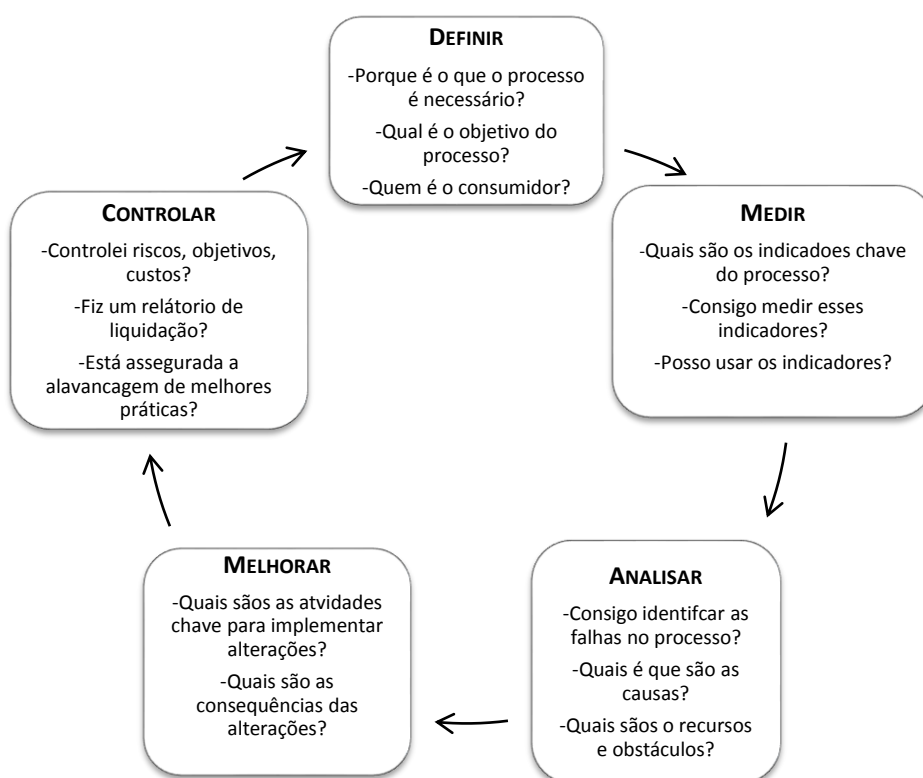


Figura 3.4 Ciclo DMAIC. Adaptado de [45].



# 4 SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE ÁGUAS RESIDUAIS DA CÂMARA DE ALMADA

O SMAS, serviços municipalizados de água e saneamento de Almada, é uma empresa pública com grande relevância na qualidade de vida dos cidadãos. Neste capítulo, será realizada a sua caracterização, focado no funcionamento da ETAR da Mutela, onde, se efetuará uma análise passiva das suas atividades, evidenciando o alvo de estudo deste trabalho, a manutenção praticada neste centro.

O SMAS responsabiliza-se pela distribuição da água para consumo bem como a recolha, drenagem e tratamento das águas residuais no município de Almada. Com 64 anos de existência, tem, desde a sua fundação como foco principal favorecer água aos cidadãos de qualidade, assegurar a saúde pública e a preservação ambiental. A empresa, durante a sua existência, passou por várias evoluções, ao nível estrutural, de gestão e tecnológico. Atualmente atua em 11 freguesias cobrindo o seu serviço a 160 mil habitantes.

Para o alcance dos seus objetivos, o SMAS desenvolve sob a alçada do conselho de administração, composto por um presidente e vogais *designados* pela câmara municipal, as seguintes atividades essenciais:

- i. Captação, adução, tratamento e distribuição de água potável;
- ii. Recolha, drenagem e tratamento de águas residuais domésticas;
- iii. Recolha e drenagem de águas pluviais;
- iv. Construção, aplicação, exploração e conservação das redes de águas, estações elevatórias e reservatórios;
- v. Construção, ampliação, exploração e conservação das redes de águas residuais domésticas e pluviais, estações elevatórias e estações de tratamento de águas residuais.

Deste modo, centraliza as suas funções em dois setores distintos: o abastecimento de água e o tratamento de águas residuais. A nível estrutural, cada sector conta com as respetivas infraestruturas:

- i. Abastecimento de água;
  - Reservatório e central Elevatória do Cassapo;
  - Condução adutora Vale Milhaços - Cassapo;
  - Central elevatória e reservatório elevado do Laranjeiro;
  - Central elevatória de Vale Milhaços ;
  - 12 furos de captação.

- ii. Águas Residuais.
  - ETAR da Quinta da Bomba;
  - ETAR da Mutela;
  - ETAR do Portinho da Costa;
  - ETAR do Valdeão.

As quatro ETAR funcionam 24h por dia, 7 dias por semana, durante todo o ano, tratam aproximadamente 100% das águas do município, assegurando as necessidades da população do concelho. É na ETAR da Mutela, que este trabalho vai tomar o seu desenvolvimento.

## 4.1 ETAR DA MUTELA

Entrou em vigor em 2005 a lei n.º58/2005 de 29 de Dezembro do diário da república, lei da água, que visa uma gestão sustentável das águas. Esta promove o tratamento das águas residuais de forma sustentável como processo indispensável para a qualidade de vida e a saúde pública. As águas residuais resultam de diversos usos ou atividades ligadas à vida humana (e.g. uso doméstico, comércio, indústria). O fator de risco nas águas residuais são as substâncias contaminantes (e.g. sólidos suspensos, metais pesados, poluentes). Sem qualquer tratamento, estas águas acarretam riscos elevados nos ecossistemas, nos recursos naturais e na saúde pública o que leva ao decréscimo qualidade de vida dos cidadãos.

É neste contexto que a ETAR da Mutela, figura 4.1, toma a sua atividade. Aqui, as substâncias contaminantes são extraídas através de uma sequência de operações físicas e processos químicos e biológicos.



**Figura 4.1 Ilustração da ETAR da Mutela. Retirado de [47].**

Inaugurada em 2003, há nove anos que salvaguarda e promove a saúde pública, a qualidade de vida, o conforto das populações, defende ecossistemas e recursos naturais e preserva os recursos hídricos evitando a sua contaminação.

A ETAR da Mutela serve 155.122 e.p. (equivalente populacional), com um volume anual de tratamento de 6.794.352 m<sup>3</sup>.

#### 4.1.1 FUNCIONAMENTO

A nível estrutural a ETAR possui todo o equipamento para o tratamento eficaz da água. O processo de tratamento de água pode ser resumido em 16 etapas, seguidamente descritas:

- i. As águas residuais são recebidas pela caixa de chegada, passando por um poço de grossos que retém os objetos maiores;
- ii. Na gradagem, o esgoto passa através de uma grade que retira os sólidos;
- iii. No desareador/desengordurador o processo subdivide-se em duas partes. No desareador, câmaras de mistura rápida e floculação removem areias que seguem para o lavador. As gorduras são filtradas pelo desengordurador;
- iv. Através de um vórtex o lavador de areias lava e separa por tamanho as areias. Estas areias são reencaminhadas para um contentor e utilizadas na construção civil;
- v. A gordura é separada e enviada para bidons que são despejados num leito de plantas macrofilas;
- vi. A água do desengordurador segue para câmaras de mistura rápida e floculação, onde, com o fim de formar flocos de lama sedimentáveis, são adicionados os reagentes, o cloreto férrico, a cal apagada e o polielectólito;
- vii. No decantador primário, os sólidos em suspensão sedimentáveis são retirados. As lamas sedimentadas são bombadas para o espessador gravítico e as águas residuais seguem para o tanque de arejamento;
- viii. No tanque de arejamento, um mecanismo de difusores com microbolhas garante as condições essenciais às bactérias: existe biomassa, essencial para que estas se multipliquem e alimentem da matéria orgânica;
- ix. As lamas são encaminhadas para o flutuador. As águas residuais seguem para o canal de desinfeção por ultra violeta;
- x. Parte da água é despejada para o rio Tejo, outra é reutilizada para rega e lavagens;
- xi. No espessador gravítico as lamas provenientes da decantação primária aumentam de densidade e são enviadas para o tanque de homogeneização;
- xii. As lamas da decantação secundária passam para o flutuador;
- xiii. No tanque de hominização é executada a mistura das lamas primárias e secundárias, resultando a lama mista;

- xiv. Na digestão anaeróbia das lamas, a matéria orgânica é mineralizada através de bactérias anaeróbias. Desta digestão provém o biogás. Após o processo as lamas passam para um depósito onde são desidratadas.

Como se pode constatar, o processo passa por três estados, sólido, líquido e gasoso onde a água residual sofre processos e operações específicas. O anexo A1 indica a operação efetuada em cada uma das fases e as respetivas características técnicas [47].

#### 4.1.2 ORGANIZAÇÃO

Segundo [15], 5 fatores são essenciais determinar para a boa caracterização da organização. Seguidamente procede-se à caracterização de cada um dos fatores:

- i. Dimensão da Empresa

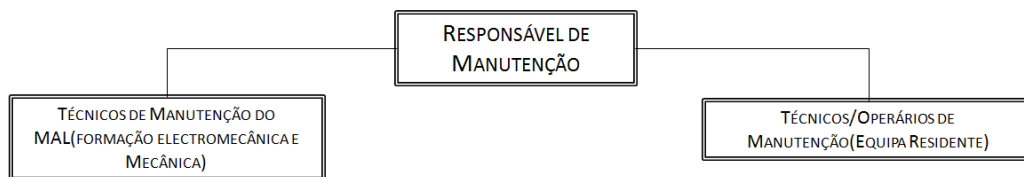
A ETAR da Mutela conta com 27 trabalhadores, repartidos por 4 áreas funcionais, nomeadamente: laboratório, manutenção e apoio logístico, apoio administrativo e logístico, equipa residente. As três primeiras áreas funcionais trabalham para as 4 ETAR e a equipa residente foca exclusivamente os seus esforços na ETAR da Mutela.

##### Laboratório

O laboratório é responsável pela verificação e controlo dos valores das características químicas das águas. Atualmente conta com 5 profissionais, que asseguram a colheita, acondicionamento, transporte e preservação de amostras de água, assim como a análise dos parâmetros de controlos de rotina. Este laboratório possui um sistema de garantia de qualidade, com participação em ensaios interlaboratoriais, nacionais e europeus, na área de química e microbiologia de águas de consumo. Tem, também, implementado um sistema de gestão de qualidade de acordo com os requisitos da norma NP EN ISO 9001:2008.

##### MAL, Manutenção e Apoio Logístico

A manutenção no SMAS é dirigida pelo MAL, que conta com 1 técnico orientador e 2 técnicos de manutenção, figura 4.2. Além de gestão de trabalhos dos técnicos de manutenção da equipa do MAL é da responsabilidade do técnico orientador a orientação e gestão dos técnicos de manutenção e operários que executam tarefas de manutenção da equipa residente. Na dependência desta área funcional estão as seguintes áreas: planeamento, preparação, programação, apoio no diagnóstico de avaria, estudo do métodos de trabalho a utilizar e estudos de engenharia de manutenção de equipamentos para as 4 ETAR. Detendo de formação na área elétrica, os integrantes do MAL são responsáveis por todas as reparações deste campo.



**Figura 4.2 Hierarquia do departamento do MAL**

### Apoio Administrativo

O apoio administrativo conta com 5 trabalhadores. Este é responsável pela gestão da informação e recursos.

### Equipa Residente

A equipa residente é responsável pelo funcionamento e a manutenção da ETAR: garante que todos os processos ocorrem consoante os objetivos preestabelecidos. A equipa conta com 11 operadores, 1 chefia e 2 técnicos de manutenção.

Os operadores são responsáveis pelo funcionamento contínuo da ETAR da Mutela, sendo repartidos em 3 turnos com 4, 4 e 3 operadores respetivamente. Onde, o primeiro turno inicia às 8h e termina às 16h, o segundo inicia às 16h e acaba à 00h e o último inicia à 00h e termina às 8h. Os operadores têm como principal função a verificação do bom funcionamento dos equipamentos e desligar e ligar máquinas em tempos estipulados, não estando formados para efetuar manutenção autónoma mas podem desempenhar tarefas de manutenção se receberem ordens do gabinete do MAL.

Os 2 técnicos de manutenção são responsáveis pelo cumprimento dos planos de manutenção preventiva, reparação de avarias mecânicas e reporte das avarias ao MAL.

A chefia é responsável pela monitorização dos processos, controlo operacional e gestão dos recursos humanos e materiais.

#### ii. Tipo de atividade;

Tratamento das águas residuais.

#### iii. Tecnologia das instalações;

Os equipamentos funcionam por meios eletromecânicos e elétricos

#### iv. Tipo e quantidade dos equipamentos;

A ETAR da Mutela conta com 339 equipamentos

#### v. Grau de dispersão geográfica da área das instalações à sua responsabilidade.

As instalações ocupam 3 hectares.

### 4.1.3 LAYOUT DA ETAR DA MUTELA

A ETAR da Mutela está repartida em 11 edifícios. O anexo A2 apresenta a planta da ETAR da Mutela em 2010. Seguidamente, são caracterizadas as atividades desenvolvidas em cada edifício.

#### Portaria

Localizada à entrada da ETAR, desempenha um papel fundamental na receção, identificação e registo de veículos e indivíduos que entram e saem da empresa.

#### Edifício de exploração

No edifício de exploração, encontra-se os gabinetes das diferentes áreas funcionais: MAL, administração, laboratório e chefia. É também aqui que se localiza a sala de comando, onde se encontram todos os formulários relativos à manutenção e às operações, 6 computadores com o sistema SAP e arquivos dos equipamentos e trabalhos realizados. Este edifício possui ainda estruturas de apoio aos trabalhadores: uma cozinha, uma casa de banho e os balneários.

#### Edifício flotoador/espessador

É neste edifício que se dá início o tratamento de lamas. Conta com uma área reservada ao espessamento e flotação, esta zona dispõem: de um espessador de lamas, flotoador, compressor de ar, bomba centrífuga, bomba de lamas homogeneizadas, agitador submersível e bomba de recirculação de lamas.

#### Edifício de cogeração

O edifício de cogeração possui uma zona de digestão essencial para o tratamento de lamas. Esta zona tem um permutador de calor, uma caldeira, um descalcificador, uma bomba de água quente, um agitador submersível, uma bomba, as centrífugas e uma bomba de escorrências.

#### Edifício de desidratação/reagente/desodorização

Aqui, com a passagem por reagentes e desidratação, finaliza-se o tratamento de lamas. Neste edifício encontram-se os equipamentos dos quais o processo é dependente: uma centrífuga, um parafuso transportador, uma bomba de lamas de silo e silo de lamas.

#### Edifício da obra de entrada

Neste edifício é efetuado o pré-tratamento, podem considerar-se 3 zonas distintas: obra de entrada, gradagem e desarenação/desengordurador. Onde se encontram equipamentos fundamentais às respetivas operações: a bomba de elevação inicial e o balde de carepas; o tamiz auto limpante e o parafuso transportador; o arejador submersível, a ponte raspadora, a bomba de areias, o classificador de areias e o separador de gorduras. Também conta com um armazém de materiais necessários à manutenção, que estejam no estado líquido (e.g. lubrificantes).

#### Edifício ultra violetas câmara de mistura e floculação

Este edifício é utilizado para no tratamento primário e secundário. Relativamente ao tratamento primário, dispõem de uma câmara de mistura com um agitador rápido e um agitador lento. A fase do tratamento secundário é a desinfecção, dispondo dos seguintes equipamentos: os ultra-violetas, o hidropressor, o filtro auto limpante e o compressor de ar de serviço.

#### Edifício do decantador primário

Neste edifício dá-se a continuação do tratamento primário e do tratamento secundário. Conta com uma ponte raspadora, essencial para a realização da decantação primária, e duas bombas submersíveis usadas na câmara de bombagem de floatantes e lamas primários. Relativamente ao Tratamento secundário, possui três bombas submersíveis integradas na câmara de bombagem de lamas à recirculação, de lamas secundária e de flotantes secundários. Tem também uma câmara de bombagem de água potável com uma bomba centrífuga.

#### Edifício dos compressores

É aqui que se encontra o electro compressor, essencial para se finalizar o tratamento secundário. Também apresenta um armazém de materiais necessários a tarefas de manutenção.

#### Edifício do grupo gerador

Atualmente este edifício não é utilizado, centrando-se a função de geração no edifício da cogeração.

#### Câmara anti-espumas

Aqui, toma início o processo do tratamento das águas residuais, a primeira etapa de tratamento é o pré-tratamento. Nesta câmara, é realizada uma primeira filtragem, onde são retiradas as espumas das águas [47].

### 4.1.4 MANUTENÇÃO NA ETAR DA MUTELA

Este sub-capítulo destina-se a uma análise passiva das atividades de manutenção desenvolvidas na ETAR da Mutela.

#### **Atuais atividades de manutenção**

As atividades de manutenção na ETAR da Mutela desempenham um papel de grande relevo, os equipamentos sofrem falhas constantes e uma quebra no processo traduz-se em danos socioeconómicos e ambientais. É essencial garantir o bom funcionamento dos sistemas, quer por agilidade de tomada de decisão perante uma avaria, quer através de rotinas de manutenção que garantem uma maior disponibilidade do equipamento.

Atualmente são praticados 3 tipos de manutenção, nomeadamente:

- i. Preventiva sistemática;
- ii. Preventiva condicionada;
- iii. Corretiva.

Neste sub-capítulo é apresentada a descrição de cada uma das atividades necessárias à manutenção. Abordar-se-á o planeamento, as práticas e rotinas associadas à manutenção realizada pela ETAR da Mutela.

### Manutenção preventiva

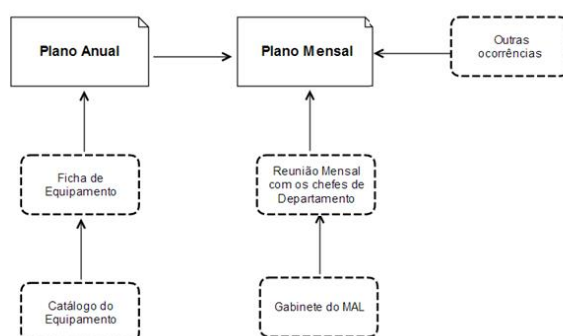
#### **Planeamento**

O planeamento das atividades de manutenção preventiva é uma atividade com extrema importância para a organização: promove a otimização de gestão dos recursos humanos e aumenta o tempo de vida dos equipamentos. O plano é desenvolvido em 4 etapas, figura 4.3: elaboração da ficha de equipamento, composição do plano anual seguidamente do plano mensal.

A ficha de equipamento, anexo A3, é apresentado para cada equipamento sobre a forma de uma ficha em papel com a informação relativa às suas necessidades de manutenção preventiva. Este planeamento é elaborado com base nos manuais dos equipamentos e observações de anos anteriores e serve o gabinete do MAL e a chefia para a organização das atividades de manutenção ao longo do ano. Assim, a partir das necessidades descritas na ficha é elaborado um plano anual, anexo A4 (e.g. plano da bomba centrífuga para as primeiras 16 semanas, o plano continua até às 52 semanas), realizado pelo gabinete do MAL e chefia. De modo a realizar uma análise do plano de manutenção e ajustamento a imprevistos, todos os meses há uma reunião com o chefe de cada departamento. Nesta reunião é realizado um ajustamento do plano anual e realizado o plano mensal, anexo A5. Deste modo, semanalmente, são prescrevidas as tarefas de cada trabalhador numa tabela fixada no gabinete do MAL, aqui também podem-se incluir tarefas de manutenção corretiva que se tenha conhecimento da ocorrência atempadamente.

A necessidade de efetuar várias intervenções de manutenção corretiva faz com que os planos de manutenção preventiva não sejam cumpridos com rigor, o que se traduz num aumento das taxas de avarias.

No final do mês, o MAL realiza um relatório de balanço entre as atividades de manutenção planeadas e as que foram efetivamente realizadas, assim, procede-se a uma avaliação de possíveis causas de discrepância e ajusta-se o planeamento do próximo mês.



**Figura 4.3 Elaboração dos planos de tarefas de manutenção**



### **Manutenção preventiva condicionada**

A manutenção preventiva condicionada auxilia na realização da monitorização de indicadores referentes ao equipamento. O objetivo é promover atividades de manutenção que mantenham os parâmetros analisados dentro dos padrões de bom funcionamento.

A rotina de MPC toma início após um membro da equipa do MAL verificar a tarefa atribuída de MPC no plano de manutenção mensal, este deve dirigir-se à sala de comando, onde se encontra a ficha de equipamento e consultar a informação relativa ao equipamento onde vai atuar. Os dados que são podem ser extraídos na revisão dos equipamentos, são referidos seguidamente:

- i. Frequência (Hertz);
- ii. Rotações por minuto (RPM);
- iii. Corrente elétrica (Ampere);
- iv. Temperatura do motor (C°);
- v. Temperatura do redutor (C°);
- vi. Temperatura do variador de velocidade (C°).

Estes podem ser revisados numa periodicidade mensal, semestral ou trimestral. Durante a revisão o responsável anota numa ficha de registos os dados observados, anexo A6. No final da revisão deve apontar no relatório semanal a tarefa.

A observação do valor dos parâmetros, difere consoante a natureza destes, onde: o valor das rotações por minuto é obtido pelo estroboscópio; as temperaturas, frequências e corrente elétrica são lidas através um sistema integrado no equipamento com um *display* onde é possível observar os valores destes parâmetros.

O registo não segue nenhum percurso preestabelecido, isto porque, muitas das vezes as máquinas não se encontram no modo operacional.

Os dados são registados e analisados pelo MAL que elabora um relatório, no sentido de comparar os valores observados com os valores nominais do equipamento. Consoante a análise é tomada uma das 4 decisões i) Efetuar novas medições ii) Inspeccionar iii) Intervir iv) Não intervir. Deste modo, a manutenção preventiva condicionada pode evoluir para manutenção preventiva sistemática ou corretiva.

### **Manutenção preventiva sistemática**

A manutenção preventiva sistemática tem como objetivo principal a prevenção de avarias dos equipamentos através da manutenção das características inerentes ao equipamento em estado de bom funcionamento, deste modo, é possível aumentar o tempo de vida do equipamento e a disponibilidade do equipamento. Esta prevenção é realizada através de rotinas de manutenção (e.g. lubrificação, substituições, limpeza) previamente agendadas.

Este processo é análogo ao da MPC, no entanto no final da execução a conclusão apenas é registada na ficha de atividades semanais.

O percurso das atividades de manutenção preventiva sistemática, analogamente à condicionada também não é predefinido.

Atualmente existem 129 componentes eletromecânicos passíveis de manutenção preventiva sistemática e 49 elétricos.

### **Fluxo de movimentos de atividades manutenção preventiva**

A atividade de manutenção preventiva toma início no gabinete do MAL, onde o técnico verifica no plano mensal a tarefa que lhe está destinada, de seguida desloca-se para a sala de comando, onde consulta a ficha de equipamento com indicações específicas das necessidades de materiais dos equipamentos onde vai operar. Em caso de se tratar de manutenção preventiva condicionada o responsável também deve levar consigo a ficha de registo dos parâmetros a medir. Com a informação recolhida, dirige-se ao equipamento e efetua a atividade de manutenção planeada. Pode ocorrer a necessidade de material localizado em um dos armazéns, neste caso, dirige-se ao armazém ou armazéns antes de iniciar a tarefa de manutenção planeada. Quando finaliza a tarefa, o técnico de manutenção dirige-se à sala de comando e preencher o seu relatório semanal com a informação referente à intervenção que efetuou.

### **Manutenção corretiva**

Devido à imprevisibilidade deste tipo de manutenção, o seu planeamento é feito a curto prazo. Recebida a nota de avaria ou nota de serviço é imediatamente agendada a reparação, estipulando-se a prioridade segundo a análise do seu grau de prioridade.

No entanto, sempre que é possível efetuar o planeamento mensal das tarefas de manutenção corretiva estas são inseridas no plano de manutenção mensal, fixado no gabinete do MAL.

A manutenção corretiva é o tipo de manutenção mais recorrente nesta ETAR. Este tipo de manutenção assegura intervenções eficazes e eficientes perante situações de avaria de equipamento, garantindo que este volta ao estado funcional o mais rapidamente possível.

O processo passa pela deteção da avaria pelo operador, técnico de manutenção ou membro do MAL, este por sua vez pode tomar três decisões i) reparação imediata, quando tem habilitações e os recursos necessários, ii) reportar ao MAL, caso não seja um elemento desta unidade ou não tenha formação para reparar a avaria, iii) emitir uma nota de serviço, NS, caso seja um elemento do MAL e haja a necessidade de delegar a tarefa de manutenção corretiva a outro membro da equipa. Em caso de se verificar a primeira situação, o técnico no fim da reparação da falha regista a ocorrência na nota de avaria, anexo A7, bem como os procedimentos efetuados. Quando conclui o preenchimento deve enviar um *e-mail* ao chefe da estação, ao responsável do gabinete do MAL ou à chefia, no sentido de uma destas entidades verificar o procedimento de manutenção e fechar a nota de avaria. A NA é arquivada na sala de comando, num *dossiê* respetivo ao equipamento em trabalho.

Na terceira opção, o MAL ou a chefia emitem uma nota de serviço para um operador/técnico de manutenção em específico, esta é idêntica à NA. O executante é notificado por *e-mail* da entrada de um trabalho. A ficha é arquivada na sala de comando, onde o operador consulta as ordens e executa

a tarefa. Quando a tarefa é finalizada, analogamente à primeira situação, a chefia, o chefe da estação ou o responsável do gabinete do MAL, dá a ficha como encerrada.

Quando é necessário recorrer a agentes externos (e.g. fornecedores de materiais, entidades externas de reparações) é emitida uma ficha a fim de gerir o processo, anexo A8.

Estes processos, emissão/recebimento/encerramento da ficha de nota de avaria e nota de serviço e contratação externa, estão atualmente operacionais no sistema SAP. No entanto, a ETAR da Mutela encontra-se numa fase de adaptação ao sistema SAP e não recorre praticamente a esta plataforma.

#### Gestão da informação de manutenção

Desde 2004, que a ETAR da Mutela, emprega o preenchimento de fichas manuais. Em 2010, foi realizada a integração do sistema SAP, no entanto, apenas desde o início de 2013, é que este é utilizado no registo da informação de manutenção. A mudança recente de gestão de informação, leva a ETAR da Mutela a um período habituação ao novo sistema e de deslocamento de informação, onde maioria dos registos são efetuados em papel.

O interesse da preservação da informação registada manualmente ao longo dos anos, a chefia está encarregue da passagem das fichas antigas, arquivadas em dossiers para o sistema SAP.

Assim, atualmente a ETAR da Mutela conta com os seguintes suportes:

- i. Suporte em papel;
- ii. SAP.

#### **Suporte em papel**

A ETAR da Mutela conta com vários *templates* de fichas para o suporte à gestão de informação. Estas fichas encontram-se na sala de comando e no gabinete do MAL e promovem o fluxo de informação entre a chefia, o gabinete do mal, os técnicos de manutenção e os operadores.

#### Base de dados de equipamentos

A organização da lista dos equipamentos é fulcral para a boa gestão da manutenção. A ETAR da Mutela dispõe de uma lista em excel dos equipamentos, esta contempla a referência, o equipamento e a localização de cada equipamento. Onde, a referência dos equipamentos foi atribuída pelo gestor de obra da ETAR da Mutela.

#### Planeamento de manutenção

##### Ficha do Equipamento

A ficha do equipamento resume as necessidades de manutenção preventiva do equipamento e fornece informação útil a cerca do equipamento. A ficha pode ser consultada para dois fins, respetivamente:

- i. Responsável por uma tarefa de manutenção (consultar o material e as características do equipamento onde vai atuar);
- ii. Gabinete do MAL e chefia (planeamento das tarefas de manutenção preventiva).

### Plano anual

O plano anual é elaborado em Excel composto por uma área descritiva, onde se visualiza a informação referente ao tipo de equipamento, da ação de manutenção, localização, seguidamente há uma tabela com 52 colunas, correspondente às 52 semanas, aqui é assinalado com uma cruz a semana onde deve ser realizada a ação de manutenção.

### Plano mensal

A partir da informação contida no plano de manutenção preventiva e de outras ocorrências, é elaborado mensalmente um plano mensal. Este é fixado o plano da manutenção no gabinete do MAL. Neste, é descrito a ação de manutenção, o executante e o equipamento alvo.

### Registo de execução de tarefa

Os técnicos devem dirigir-se ao gabinete do MAL para tomar conhecimento das suas tarefas. Quando uma atividade de manutenção é concluída, esta deve ser registada na ficha semanal do técnico, que se encontra na sala de comando.

### Notas de Avaria/Nota de Serviço

O sistema de registo de avarias, toma o seu início na deteção da avaria. O detetor da avaria, deve deslocar-se à sala de comando, onde se encontra a nota de avaria/nota de serviço, para o registo da informação referente à ocorrência verificada.

O seu preenchimento é realizado com base em informação recolhida a partir da observação da ocorrência, onde:

- i. A criticidade, a urgência e a hierarquia e prioridade são avaliadas de 1 a 3, tabela 4.1.

**Tabela 4.1 Avaliação dos fatores criticidade, urgência, hierarquia e prioridade**

GRAU	CRITICIDADE	URGÊNCIA	HIERARQUIA	PRIORIDADE
<b>1</b>	Grave	Solução imediata	Diretores do departamento	Alta
<b>2</b>	Relativamente grave	Solução a médio prazo	Chefes de instalação	Média
<b>3</b>	Não é grave	Solução a longo prazo	Qualquer uma das outras pessoas	Baixa

Na avaliação da criticidade, o 1 refere-se a componentes sem os quais é impossível desempenhar uma determinada função, o 2 é direcionado a equipamentos em que a função continua a ser cumprida contudo sem nenhuma intervenção há a cessação da função, o 3 refere-se a componentes que não detêm um papel relevante no desempenho de uma função, ou seja, mesmo sem estes o processo contínuo.

A urgência avalia o espaço de tempo em que deve ser tomada uma ação no sentido de reparar a avaria. Assim, 1 refere-se a situações que têm que ser solucionadas imediatamente, o 2 a situações que devem ser despachadas no espaço de um 1 dia, e por fim, o 3 a soluções que não têm prioridade.

A hierarquia corresponde ao nível hierárquico do indivíduo que preenche o papel, o 1 corresponde a diretores de departamento o 2 aos chefes de instalação e o 3 a qualquer uma das outras pessoas.

A prioridade é obtida pelo produto entre a hierarquia, criticidade e urgência. Se a prioridade tomar valores de 1 a 6, é elevada: isto é, a intervenção deve tomar início imediatamente e deve demorar no máximo 1 dia a finalizar. De 6 a 12 é elevado, ou seja deve começar-se imediatamente a resolver a ocorrência mas há um prazo de 8 dias para se finalizar. Entre 2 a 18 é média, a ação de manutenção deve começar entre 2 dias e tem 8 dias para terminar. Por último, entre 18 a 27, é baixo, tendo 4 dias para iniciar a ação e dispondo de 18 dias para a terminar.

- ii. A previsão/ execução, refere-se respetivamente, a ações futuras e a procedimentos realizados para solucionar a avaria;
- iii. Os restantes campos são de preenchimento intuitivo e imediato.

Sempre que há uma alteração no estado da avaria, esta deve ser notificada na ficha de nota de avaria/nota de serviço, que permanece sempre na sala de comando.

#### Histórico

A ETAR da Mutela, conta com *dossiers* arquivados na sala de comando relativos a cada edifício, com o histórico dos equipamentos respetivos. Este histórico possui as fichas das avarias, notas e ordens de trabalho, relatórios de custos, pedidos de orçamentos e outros documentos relativos aos equipamentos. No entanto, maioria das notas não são corretamente preenchidas ou deixadas apenas em papel, sob a pena da impossibilidade da elaboração de um histórico fiável do equipamento.

#### O SAP, Systems, Applications & Products

O SAP é o *software* que no futuro se pretende utilizar como apoio à manutenção a 100%, suprimindo-se o suporte em papel.

O SAP é um ERP, *Enterprise Resource Planning*, que interliga todas as áreas da ETAR da Mutela, possibilitando a tomada decisões com rapidez, uma vez que facilmente se tem informação a cerca da disponibilidade de recursos para o prosseguimento de uma atividade de manutenção. Este *software* oferece um sistema de comunicação eficaz e rápido entre a chefia, operadores, gabinete do MAL e técnicos de operação, deste modo, evita que situações de perda de informação ocorram.

Assim, o SAP permite o gerenciamento, armazenamento, manipulação, pesquisa e monitorização dos dados existentes na base de dados. Tendo como principal objetivo o registo e manutenção da informação necessária à ETAR da Mutela, apresentado as seguintes funções:

- i. Inserção, edição e eliminação de registos;
- ii. Automatização de funções;
- iii. Planeamento;
- iv. Indexação e ordenação da informação contida nos registos;

- v. Segurança dos dados armazenados;
- vi. Operações estatísticas sobre os dados.

Seguidamente, apresenta-se uma explicação da gestão da informação da manutenção corretiva e preventivamente. O foco do estudo é o suporte em papel, uma vez que se trata do método mais utilizado. Prosseguindo-se após esta análise, a uma breve descrição das funcionalidades do sistema SAP.

O SAP está disponível para o acesso a todos os intervenientes da ETAR da Mutela, possuindo cada um utilizador e palavra-chave individual. No entanto, o acesso a todos os comandos é apenas permitido à chefia. O restante pessoal tem apenas acesso às funcionalidades necessárias para o seu trabalho.

O SAP apresenta diversas funcionalidades. Neste documento procede-se apenas à caracterização dos comandos utilizados pela ETAR da Mutela.

### **Dados mestre: equipamento**

A empresa, dispõe de um catálogo no SAP com uma listagem de todos os equipamentos. A informação está organizada por níveis hierárquicos, apresentado primeiro o edifício, após selecionar o edifício surge uma lista dos equipamentos e ao escolher um equipamento há a disponibilização das árvores do equipamento, onde é especificado cada um dos seus componentes.

### **Planeamento**

O planeamento das tarefas de manutenção é apenas realizado para ações de manutenção corretiva: quando é lançada uma nota de avaria/serviço o executante é notificado da data que deve iniciar a tarefa e terminar.

### **Nota de manutenção**

Sempre que uma avaria é detetada, deve ser registada no sistema SAP como uma nota de manutenção. Esta nota tem a função análoga à nota de avaria em suporte papel. A criação de uma nota de manutenção contempla os seguintes campos:

- i. Nota  
Resume os dados referentes à avaria do equipamento, contemplando os seguintes campos:  
Objeto de referência, situação, responsabilidade
- ii. Avaria/parada  
Aqui é registado data e hora de início e fim da avaria e calculado automaticamente a duração da parada.
- iii. Dados de localização  
Aqui são preenchidos os dados de localização como: sala, centro de localização, código ABC, campo de ordenação, centro de trabalho, área operacional. E a classificação: empresa, imobilizado, divisão e centro de custo.
- iv. Síntese de datas  
Aqui é inserida a data esperada e real de início e fim de reparação.

v. Item

É dada informação geral da avaria do equipamento: equipamento, sintomas, texto, conjunto, denominação do conjunto, sintomas, classe defeituosa.

### **Ordens de avaria**

As ordens são emitidas, pelos membros do MAL, em resposta a uma nota de avaria, no sentido de efetuar ações de manutenção corretiva.

O sistema SAP de emissão de uma ordem apresenta 10 campos principais, *designadamente*:

i. Dados de cabeçalho;

É inserida informação relativa ao detetor da avaria, responsável pela sua reparação e dados do equipamento alvo.

ii. Operações;

Resumo das operações a executar no equipamento.

iii. Componentes;

Lista de componentes do equipamento que estão envolvidos na avaria.

iv. Custos;

Custos associados aos recursos gastos na reparação da avaria.

v. Objetos;

Material necessário para a execução eficiente da avaria.

vi. Dados adicionais;

Outras informações que sejam relevantes para a resolução eficiente e eficaz da ocorrência.

vii. Localização;

Localização do equipamento.

viii. Planeamento.

Data prevista de início e fim da reparação.

Após o preenchimento da nota de avaria, a informação é reencaminhada para o responsável pela execução da tarefa. Este, quando acede à sua conta SAP, é notificado da existência de um novo trabalho.

### **Outras funcionalidades**

O SAP apresenta outras funcionalidades, no entanto estas não se encontram em utilização. Entre estas destaca-se a sua capacidade de efetuar análises de fiabilidade através da modelação dos dados inseridos nas notas de manutenção e ordens.

Atualmente, pretende-se que esta funcionalidade possa ser ativa. Deste modo, quando a ficha de nota de avaria está completa, o detetor da avaria deve aceder ao sistema SAP e transpassar a informação da ficha para este sistema e por fim arquivar a ficha no dossiê do processo onde se insere o respetivo equipamento. A chefia também ocupa parte do seu tempo de trabalho a transpassar informação de fichas antigas para o sistema SAP.





# 5 ANÁLISE DA ORGANIZAÇÃO DO SERVIÇO DE MANUTENÇÃO DA ETAR DA MUTELA

Neste capítulo efetuar-se-á uma análise crítica global dos pontos apresentados no capítulo anterior referentes ao funcionamento da manutenção na ETAR da Mutela. Pretende-se com esta análise uma compreensão geral de fatores débeis do plano de manutenção. Deste modo, identificar-se-ão pontos-chave de ação para um posterior estudo e implementação de melhorias.

A primeira parte destina-se a uma análise dos pontos que não estão interligados diretamente com a manutenção na ETAR da Mutela, onde se dá destaque à planta da ETAR, uma vez que é o ponto que apresenta mais falhas. Seguidamente serão levantados pontos relativos à manutenção na ETAR da Mutela.

A segunda parte destina-se a uma análise mais detalhada das atividades de manutenção através da técnica DMAIC, recorrendo às etapas *define* e *measure*.

## **Planta da ETAR da Mutela**

A planta da ETAR da Mutela encontra-se desatualizada, apresentando as seguintes falhas:

- i. Omissão da localização dos armazéns na legenda: apesar de estes pertencerem a edifícios referidos na legenda a sua sinalização é importante para efeitos de gestão de materiais, trabalhos e contratações externa;
- ii. Sinalização da ampliação de órgãos de tratamento que foi cancelada;
- i. Órgãos de tratamento assinalados como “ampliação” que atualmente se encontram operacionais.

De modo a corrigir estes constrangimentos sugere-se a elaboração de uma nova planta, onde os pontos previamente referidos são corrigidos. Assim no novo plano é assinalada a localização dos armazéns, são suprimidas as referências a órgãos de tratamento que não existem e não têm construção prevista e os órgãos de tratamento que se encontram operacionais deixam de ter a referência a “ampliação”.

Em seguida, são explicadas as alterações detalhadamente.

### 1.Sinalização dos armazéns

Devem ser sinalizados na planta dois armazéns:

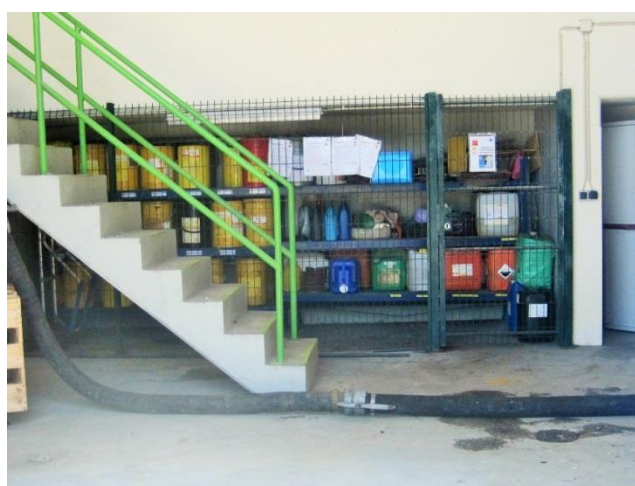
- i. Armazém de peças de reserva;  
Localizado no edifício dos compressores. Este armazém, figura 5.1, ocupa a área de aproximadamente 12 m<sup>2</sup>. O seu acesso é feito pela porta principal do armazém, encontrando-se imediatamente à sua esquerda. Este armazém destina-se ao armazenamento de peças e ferramentas necessárias à manutenção.



**Figura 5.1 Armazém de peças de reserva**

ii. Armazém de lubrificantes e detergentes;

Localizado no edifício de obra de entrada o armazém de lubrificantes e detergentes, figura 5.2, dispõe de 8m<sup>2</sup> e encontra-se no piso 0 do edifício do lado oposto à porta de entrada principal e destina-se ao armazenamento de lubrificantes e detergentes.



**Figura 5.2 Armazém de lubrificantes e detergentes**

Segundo estas indicações, devem ser sinalizados no mapa os armazéns com as dimensões e localizações corretas.

2. Supressão dos órgãos de tratamento descontextualizados da legenda

Os órgãos de tratamento que se encontram assinalados na planta e que não se encontram no plano de ampliação da ETAR da Mutela são os seguintes:

- i. 12.Reator biológico;
- ii. 14.Digestor primário;
- iii. 15.Reator biológico;
- iv. 16. Decantador primário.

Estes órgãos devem ser retirados da legenda e do desenho da planta.

### 3. Alteração do elemento “em ampliação” para edifício existente.

O edifício “14. Digestor primário” é o elemento que não deveria estar nesta lista dos edifícios da fase de “ampliação” uma vez que este edifício já se encontra construído e operacional. Assim, sugere-se a mudança da sua *designação* para “ 12- digestor primário”.

Após as modificações, garante-se um documento atualizado da planta da ETAR. Este é bastante útil para revisões de auditoria, planeamento de ação de contratação externa, visitas programas de externos (e.g. escolas, estudiosos) à ETAR da Mutela, alterações internas de equipamentos e gestão de recursos materiais e humanos.

## 5.1 ATIVIDADES PRINCIPAIS DE MANUTENÇÃO

O sistema de manutenção da ETAR da Mutela foca-se em dois tipos de manutenção: a corretiva e a preventiva.

### Manutenção Preventiva

#### **Planeamento**

O planeamento é dos processos mais críticos da manutenção, um mau planeamento pode implicar:

- i. Desperdício de recursos;
- ii. Desperdício de tempo;
- iii. Diminuição do tempo de vida do equipamento;
- iv. Propensão para a diminuição da “produtividade” da ETAR.

O planeamento das tarefas de manutenção preventiva encontra-se praticamente estagnado desde 2009- último ano com dados disponíveis para análise. Este facto pressupõe que o plano de manutenção preventiva não tem seguido qualquer tipo de análise periódica, em que são avaliadas as melhores práticas, os equipamentos com mais necessidade e suprimidas ou redefinir as tarefas que por norma não se cumprem. Outro ponto débil é indistinção entre as tarefas de manutenção preventiva mais significativas que devem ser cumpridas no prazo estipulado e as menos significadas que se forem adiadas não originam um impacto tão desastroso ao equipamento e ao processo.

Assim, sugere-se uma revisão geral do plano de manutenção de modo a o tornar mais eficaz, eficiente e mais práticos para os seus utilizadores.

Da análise do histórico dos campos contemplados no plano de manutenção conclui-se que estes detêm pouca informação acerca da tarefa de manutenção. Uma lacuna grave é o plano não dispor da previsão de ordenação da tarefa, assim, tanto o executante como os responsáveis pelo planeamento têm dificuldades num reagendamento da tarefa e na gestão dos dias de trabalho.

Outro ponto crítico associado ao planeamento é o modo como é realizada a passagem de informação: a ficha encontra-se impressa num formato A4 e com letra tamanho 10, o que torna a sua leitura exigente e pouco chamativa.

Assim, entende-se que é benéfico para a ETAR da Mutela uma revisão geral dos plano de manutenção preventiva, organizando as atividades por grau de urgência, garantindo que a manutenção preventiva é cumprida em equipamentos com mais impacto no processo de tratamento de águas. Também deve alterar o modo de apresentação da ficha, os campos, e o local de apresentação do plano de manutenção.

### **MPC**

Executar uma tarefa de MPC é um processo demoroso e passível de erros, sendo realizada periodicamente, se um registo estiver incorreto torna a análise difícil por escassez de dados aceitáveis.

Assim, é importante uma análise cautelosa dos dados recolhidos de modo a identificar se o valor registado não sofreu erros, tanto gerados por engano dos técnicos de manutenção ou erro do instrumento de medição.

Por estas razões e tendo presente que as atividades de manutenção preventiva muita das vezes não são realizadas por sobreposição de tarefas de manutenção corretiva, protagoniza-se que a MPC seja realizada de um modo mais contínuo.

### **MPS**

A manutenção preventiva sistemática frequentemente não é realizada por sobreposição com outras tarefas. Os recursos humanos não conseguem responder às necessidades da organização pelo o se deve alterar o plano de modo a realizar um maior número de tarefas agendadas. No entanto, para esta alteração do plano é necessário fazer uma avaliação fiável da fiabilidade dos equipamentos, o que necessita obrigatoriamente de um histórico das intervenções de manutenção. No entanto, além da ficha de relatório semanal não existe outro meio de controlo das atividades de manutenção sistemática preventiva.

#### Deslocamento da manutenção preventiva

Os deslocamentos associados à manutenção preventiva causam desgaste, desperdícios de tempo e erros. Maiorias das fichas encontram-se no gabinete do MAL e sala de comando, longe da área de intervenção (edifícios do processo), deste modo o executante faz diversas deslocações o que promove a perda de informação, o cansaço e consequentemente erros de registo de informação

### **Manutenção Corretiva**

#### Planeamento

A manutenção corretiva é a atividade mais recorrente na ETAR da Mutela. De momento, devido à passagem para o sistema SAP e também à confusão associada à gestão de documentação em papel, este tipo de manutenção não é realizado seguindo as etapas padrão. O que torna difícil um

planeamento atempado e consequentemente as intervenções são menos eficazes e a gestão de recursos pouco otimizada.

#### Deslocamentos

Os pontos débeis dos deslocamentos são análogos aos referenciados precedentemente para a manutenção preventiva.

### **Gestão da informação**

#### **Papel**

#### Lista de equipamentos

A lista de equipamento na folha de Excel apresenta pontos críticos a melhorar: a tabela não é dinâmica o que dificulta a pesquisa, existem equipamentos cujo registo se encontra repetido e não há ligação com os seus componentes.

#### Registo de tarefas

Os relatórios de atividade semanal encontram-se em geral bem preenchidos, no entanto, de uma análise geral conclui-se que o preenchimento apresenta algumas falhas:

- i. Preenchimento com letra que exige esforço de leitura;
- ii. Explicações incompletas ou débeis da atividade de manutenção.

Estas podem ser justificadas devido ao acesso demoroso e complicado e *design* pouco atraente.

Assim, é importante que a ETAR da Mutela reveja os seus métodos de fluxo de informação, de modo a que as informações registadas sejam fiáveis.

#### Fichas de NA, Nota de Avaria e de NS, Nota de Serviço

A finalidade do uso de fichas introduzidas na gestão da manutenção é a monitorização das tarefas de manutenção, tornando possível:

- i. Estudo da fiabilidade dos equipamentos;
- ii. Auxílio na tomada de decisão;
- iii. Gestão de recursos humanos e materiais;
- iv. Otimização dos processos de manutenção.

No entanto, devido ao elevado volume de informação e o preenchimento das fichas ser um processo demorado e passível de erros, o suporte em papel não apresenta capacidade para dar resposta às necessidades da ETAR da Mutela. Outros problemas associados a este tipo de registo são a sua fácil deterioração, impossibilidade de recuperação, dificuldade de pesquisa de informação, alteração de dados e um baixo nível de proteção da informação. Outro inconveniente é o espaço físico ocupado na sala de comando por estes dados e o desperdício de tempo associado à procura das fichas. Assim, conclui-se que o formato da ficha não é eficiente. É importante sublinhar que é nas fichas que é registado os valores essenciais para uma análise de fiabilidade da ETAR da Mutela, bem como informação necessária para a otimização dos processos de manutenção.

## Histórico

O histórico arquivado na sala de comando, figura 5.3, encontra-se desorganizado e com muita informação desnecessária (e.g. fichas de nota de avaria mal preenchidas). Apesar de os *dossiers* conterem um índice e marcadores, os marcadores são pouco visíveis o que dificulta a procura dos documentos.



**Figura 5.3 Arquivo de documentos na sala de comando**

## **Uso do *software* de apoio à manutenção, SAP**

### Análise geral do sistema

O SAP é usado para deter os constrangimentos do sistema em papel. Este *software* possibilita:

- i. Diminuição do espaço físico ocupado;
- ii. Maior integridade dos dados;
- iii. Menos redundância;
- iv. Mais facilidade na partilha de dados;
- v. Maior facilidade de manutenção;
- vi. Facilidade de pesquisa;
- vii. Monitorização automática;
- viii. Análise de fiabilidade automática.

Contudo, após um ano da sua utilização o sistema apresenta poucos dados e pouca utilização. Isto deve-se às suas imperfeições de *design*, estrutura e informação: o acesso ao sistema é demorado e confuso, detém de campos sem interesse e um preenchimento pouco intuitivo e não está em coerência

com as folhas de registo manual. Isto leva a que os operadores e técnicos de manutenção deixem campos em branco ou até evitem o preenchimento do registo no SAP.

Estes factos tomam grande responsabilidade no insucesso do estudo e aplicação do sistema de gestão de manutenção. Atualmente, não existem dados completos, o que impossibilita uma boa gestão operacional, técnica e técnico-económica.

Deste modo, preconiza-se a elaboração de novas fichas e de um novo sistema informático de suporte à manutenção da ETAR da Mutela.

## 5.2 IDENTIFICAÇÃO E ANÁLISE DE PONTOS CRÍTICOS

*“Se não conseguem resolver um problema,  
então haverá um problema mais fácil  
que conseguirão resolver: descubram-no”*

*George Pólya*

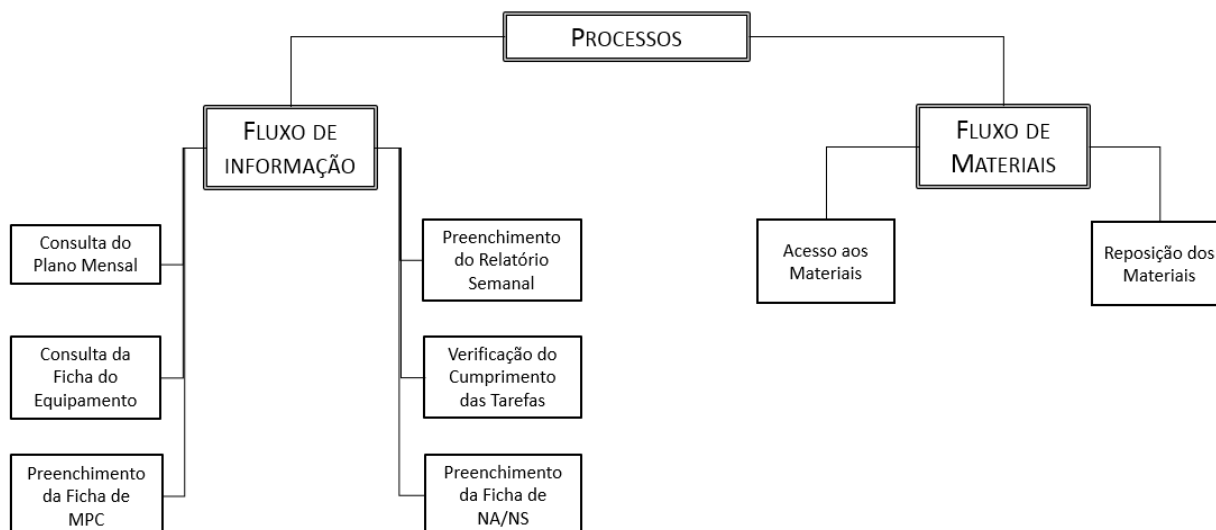
Neste sub-capítulo efetuar-se-á a análise mais detalha das atividades críticas do sistema de manutenção da ETAR da Mutela.

Definiu-se a técnica DMAIC como metodologia base para o estudo. Consequentemente, neste capítulo serão seguidas as etapas *define e measure* desta metodologia. Assim, irá ser construído um estudo detalhado e fundamentado dos processos e correspondentes sub-processos da ETAR da Mutela, que representam os pontos chaves da gestão da manutenção, facilitando a identificação de desperdícios com o objetivo de os reduzir/eliminar.

### **Etapas *define e measure***

A estratégia DMAIC inicia-se com a identificação dos processos com mais impacto na manutenção da ETAR, figura 5.4, o fluxo de informação na manutenção e o fluxo de materiais.

Ambos os processos cumprem um papel essencial para o sucesso do sistema de manutenção. O primeiro, fluxo de informação de manutenção é fundamental para a gestão de tarefas de manutenção: durante a execução das tarefas e planeamento existem informação de apoio que é partilhada entre a chefia, os operários, os técnicos de manutenção e o gabinete do MAL de modo a garantir que a tarefa é executada com sucesso. Assim, é possível a recolha de dados para análise de fiabilidade, a gestão das tarefas e dos recursos humanos e a monitorização das atividades de manutenção. O segundo, fluxo de materiais, garante que os materiais necessários para desempenhar as atividades de manutenção estão disponíveis, qualquer falha neste processo atrasa as atividades de manutenção. É importante referir que, constrangimentos nestes fluxos afetam negativamente o desempenho do processo de tratamento de águas e consequentemente, toda a organização.



**Figura 5.4 Estrutura dos processos de fluxo de informação e fluxo de materiais**

### 5.2.1 FLUXO DE INFORMAÇÃO

O fluxo de informação engloba todas as etapas de troca de informação entre os trabalhadores da organização referente direta ou indiretamente à manutenção. É o processo mais relevante da manutenção da ETAR uma vez que principia todas as atividades de manutenção e é essencial para a sua monitorização.

O início do processo coincide com o arranque do dia de trabalho, quando os técnicos/operários de manutenção consultam o plano semanal. Se estes deterem de tarefas atribuídas, consultam a ficha do equipamento, executam a tarefa e quando a terminam preenchem o relatório semanal com a descrição e data da tarefa. Em caso de não existirem tarefas agendadas para o dia, devem efetuar as suas tarefas junto dos equipamos, durante o trabalho se forem detetadas avarias devem, em caso de possuírem o *know-how* para resolver a situação, reparar o equipamento e emitir uma nota de avaria. Após a terminarem notificam uma das três entidades supervisoras: chefe da estação, responsável do gabinete do MAL ou chefia. Após executada a tarefa a chefia inspeciona o trabalho realizado e dá a tarefa como encerrada.

Em caso de se encontrarem tarefas de manutenção preventiva agendadas, os executantes devem dirigir-se à sala de comando e consultar a ficha do equipamento que contém as informações necessárias para a execução da tarefa de MP. Após consultar a ficha, caso seja necessário material, dirigem-se aos armazéns de onde retiram o material e realizam a tarefa de MP. Quando a tarefa é concluída, preenchem a ficha de relatório semanal que se encontra na sala de comando.

Numa segunda etapa da técnica “DMAIC”, os processos escolhidos são decompostos pelos sub-processos que os constituem, tabela 5.1. Assim, consegue-se uma análise mais minuciosa, detalhada e eficiente dos pontos críticos dos processos.



**Tabela 5.1 Descrição dos sub-processos do fluxo de informação**

SUB-PROCESSOS	DESCRIÇÃO
Consulta do plano Mensal	Todas as semanas os técnicos de manutenção consultam o plano mensal para verificarem as tarefas que lhe estão atribuídas.
Consulta da ficha do equipamento	Os técnicos de manutenção antes de iniciarem uma atividade de manutenção dirigem-se à sala de comando para consultar a ficha do equipamento onde se encontra a informação relativa aos procedimentos a efetuar.
Preenchimento da ficha de MPC	Os técnicos de manutenção quando realizam uma tarefa de manutenção preventiva condicionada registam na ficha de registo de MPC os valores analisados.
Preenchimento do relatório semanal	Quando se finaliza a tarefa de manutenção, os técnicos de manutenção devem escrever na sua ficha de trabalho semanal a descrição da atividade e a data.
Verificação do cumprimento das tarefas agendadas	No final da semana, a chefia deve consultar o relatório semanal de cada operador/técnicos e averiguar se as tarefas agendadas foram cumpridas.
Emissão de NA/NS	<p>O detetor da avaria emite a NA, esta é verificada pelo supervisor que emite ordens no sentido de solucionar a avaria. No fim da execução o executante notifica o supervisor para que este verifique o estado do equipamento e caso se encontre consoante o esperado dê a ficha como encerrada.</p> <p>Caso a avaria seja detetada pela chefia, técnico de manutenção do MAL, é emitida uma NS para um determinado funcionário com as ordens que este deve seguir no sentido de a solucionar. Quando a tarefa termina o executante notifica o supervisor no sentido deste verificar o estado do equipamento e encerrar a ficha de NS.</p>

#### Sub-processos de fluxo de informação

De seguida é definido e analisado cada sub-processo integrado no fluxo de informação, no sentido de efetuar um estudo mais aprofundado, promovendo a deteção dos parâmetros críticos de desperdício dos processos para a formulação de soluções particulares para cada uma das situações.

#### **Consulta do plano mensal**

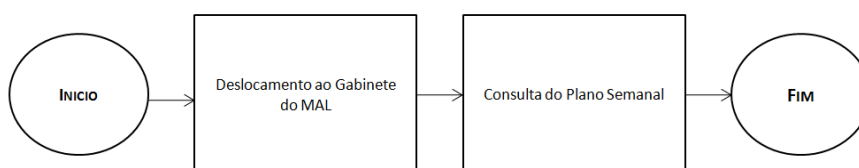
É a primeira atividade da rotina dos operários / técnicos de manutenção. Este processo assegura a comunicação das tarefas agendadas entre a chefia e os técnicos de manutenção e operários. O

procedimento adotado para a comunicação é a afixação do plano mensal no gabinete do MAL com a calendarização das tarefas mensais. A tabela 5.3 descreve os campos da ficha de plano mensal.

**Tabela 5.2 Campos da ficha de plano mensal**

CAMPOS	DESCRIÇÃO
Data	Data estabelecida para a realização da atividade de manutenção.
Tarefa	Descrição da tarefa a realizar.
Local	Local de atuação.
Executante	Distribuição da tarefa por o(s) operador(es) /técnico(s).
Flexibilidade	Possibilidade de alteração da data.
Notas	Informação complementar.

A figura 5.5 ilustra o processo de consulta do plano semanal, relatando os processos levados a cabo pelos operadores/técnicos de manutenção.



**Figura 5.5 Sub-processo de consulta do plano semanal**

As características do processo referente ao tempo despendido na consulta do plano mensal estão expostas na tabela 5.3. Os tempos foram obtidas através de uma simulação repetida 50 vezes, na qual se calculou a média. Uma breve análise dos dados permite concluir que o tempo total despendido é em média 23 segundos.

**Tabela 5.3 Tempo despendido no sub-processo de consulta do plano mensal**

DESCRIÇÃO	TEMPO (s)
Consulta do plano mensal	23

No que diz respeito a aspetos qualificáveis deste sub-processo, existem pontos débeis, apresentados na tabela 5.4, onde se destaca o facto de a análise da ficha estar limitada à sala do MAL, obrigando o deslocamento dos operadores e técnicos de manutenção a este gabinete. Outro ponto fraco refere-se

ao acompanhamento da chefia e o da equipa do MAL para com o responsável pela tarefa: frequentemente o gabinete do MAL está vazio, não tendo os técnicos/operadores qualquer possibilidade de esclarecimento de dúvidas, o que, atrasa a execução de tarefas. Por último, o *design* da ficha é pouco atrativo: esta encontra-se impressa numa folha A4, o que o torna pouco chamativo e de difícil leitura.

**Tabela 5.4 Aspetos quantificáveis do sub-processo consultam do plano semanal**

CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO
Localização	O plano semanal encontra-se no gabinete do MAL.
Aspeto visual	O aspeto visual das fichas é pouco atrativo.
Controlo	Não existe controlo da verificação das fichas.
Esclarecimento de dúvidas	Não existe apoio no esclarecimento de dúvidas a cerca das tarefas agendadas.

#### Consulta da ficha do equipamento

A consulta da ficha de equipamento antecede o início da atividade de manutenção. Neste sub-processo, o executante dirige-se à sala de comando e consulta a ficha de equipamento. Esta ficha está arquivada num dossiê relativo ao equipamento em estudo. A ficha de equipamento contém toda a informação relativa às características do equipamento e descrição das ações de manutenção preventiva, o que a torna essencial para a realização de qualquer atividade de manutenção, tabela 5.5.

**Tabela 5.5 Campos da ficha de equipamento**

CAMPOS	DESCRIÇÃO
Denominação do objeto técnico	Nome do equipamento.
Nº equipamento	Número do equipamento de fornecedor
Tipo objeto	Gênero do equipamento em estudo
Local instalação	Nome do edifício
Localização	Localização do equipamento
Sala	Código da sala
Criticidade	Grau de criticidade que o equipamento tem no processo
Conjunto	A que conjunto de equipamentos pertence.
Grupo planeamento	Quem é o grupo responsável.

(Continuação da tabela 5.6 Campos da ficha de equipamento)

Motor	Nome e especificações do motor
Modelo	Modelo do equipamento
Representante	Fornecedor
Nºserie	Nºde serie do equipamento
Variador	Nome e especificações do variador
Redutor	Nome e especificações do redutor
Manutenção preventiva sistemática	Plano de manutenção preventiva sistemática do equipamento
Período	Período no qual se faz as tarefas de manutenção
Executante	Nome do indivíduo ao qual a tarefa lhe está atribuída
Elemento	Equipamento onde é efetuada a MPS
Ação	Tipo da ação de manutenção
Descrição	Descrição da ação de MPS
Ensaio	Ensaio necessários para MPC

A figura 5.6 ilustra os procedimentos efetuados pelo operador/técnico de manutenção quando executa este sub-processo. Esta análise toma como pressuposto que o interveniente inicia este sub-processo com a consulta do plano mensal.

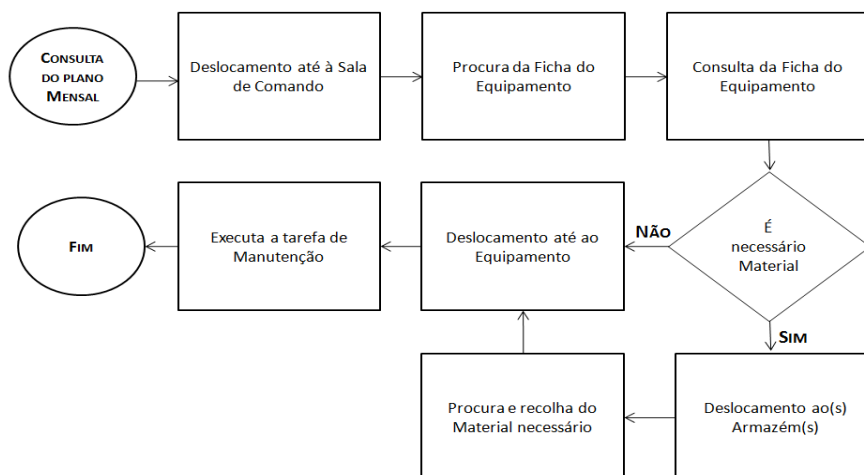
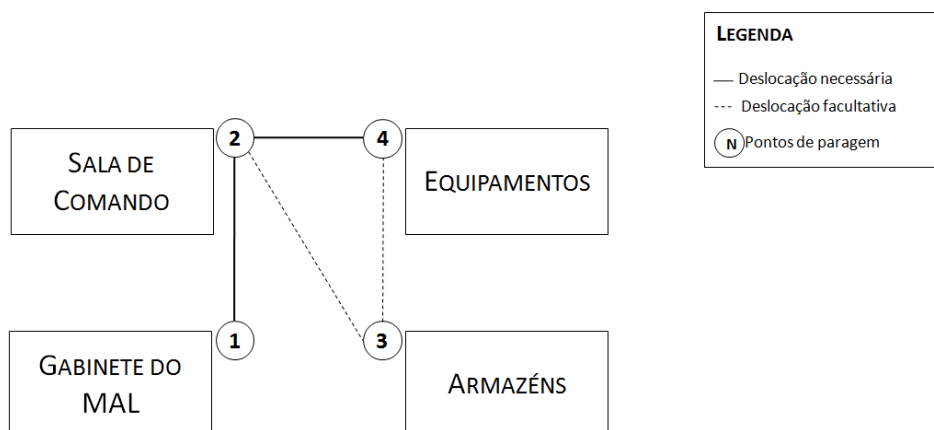


Figura 5.6 Sub-processo de consulta da ficha do equipamento

Seguidamente é apresentado o diagrama *spaghetti* deste sub-processo, figura 5.7.



**Figura 5.7 Diagrama *spaghetti* do sub-processo consulta da ficha de equipamento**

De acordo com a simulação efetuada, os tempos despendidos neste sub-processo são os retratados nas tabelas 5.6 e 5.7, onde a primeira se refere ao processo quando é necessário haver deslocação aos armazéns e a segunda quando o indivíduo desloca-se diretamente ao equipamento. É importante referir que os deslocamentos que envolvem como ponto final os equipamentos foram calculados a partir da média da distância do equipamento que se encontra mais distante do ponto inicial e o que se encontra mais próximo, anexo A9. Este cálculo é baseado no pressuposto de probabilidade de falha dos equipamentos ser igual e que a área que estes se encontram distribuídos é pequena (e.g. a diferença entre o equipamento mais perto e o mais distante não é muito grande) e que o indivíduo efetua o deslocamento à velocidade de 1 m/s.

**Tabela 5.6 Tempo despendido no sub-processo consulta da ficha de equipamento (com deslocação ao armazém)**

ROTA	DESCRIÇÃO	TEMPO (s)
1-2	Após verificar o plano semanal desloca-se à sala de comando para consultar a ficha do equipamento	36.2
2	Procura da ficha do equipamento	43
2	Consulta da ficha do equipamento	45
2-3	Deslocamento da sala de comando ao(s) armazéns	119.6
3	Procura e recolha do material	53
3-4	Deslocamento do(s) armazéns ao equipamento	131
		427.8

**Tabela 5.7 Tempo despendido no sub-processo consulta da ficha de equipamento**

ROTA	DESCRIÇÃO	TEMPO (s)
1-2	Após verificar o plano semanal desloca-se à sala de comando para consultar a ficha do equipamento	36.2
2	Procura da ficha do equipamento	43
2	Consulta da ficha do equipamento	45
2-3	Deslocamento da sala de comando ao equipamento	133
		257.2

O tempo despendido neste sub-processo com deslocamento ao armazém é aproximadamente 427.8 ou seja 7 minutos e sem deslocamento ao armazém é de 277.2, 6 minutos. Aspetos inerentes às características visuais da ficha também afetam o sub-processo, é o caso da quantidade de informação, do formato da ficha e do local de arquivo: existem 22 de campos, a ficha apresenta um *design* e *layout* de informação pouco chamativo e está arquivada em *dossiers*, o que aumenta o esforço e tempo de consulta.

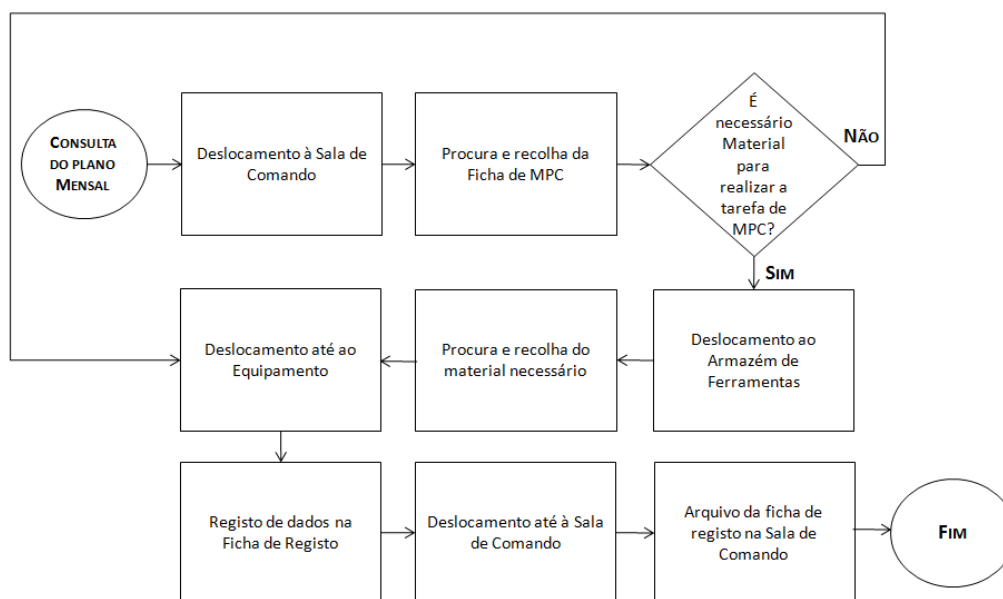
#### Preenchimento da ficha de registo de dados de MPC

O responsável pela tarefa de manutenção preventiva condicionada, um dos membros dos MAL, deve levar consigo para a execução da tarefa a ficha de registo de MPC, onde regista os valores requeridos no plano de manutenção mensal. Após a tarefa estar concluída esta ficha é analisada no gabinete do MAL, onde os valores observados são comparados com os valores nominais do equipamento. Quando a tarefa está concluída a ficha é arquivada na sala de comando no dossiê do equipamento respetivo. A ficha completa os campos expressos na tabela 5.8.

**Tabela 5.8 Campos da ficha de registo de MPC**

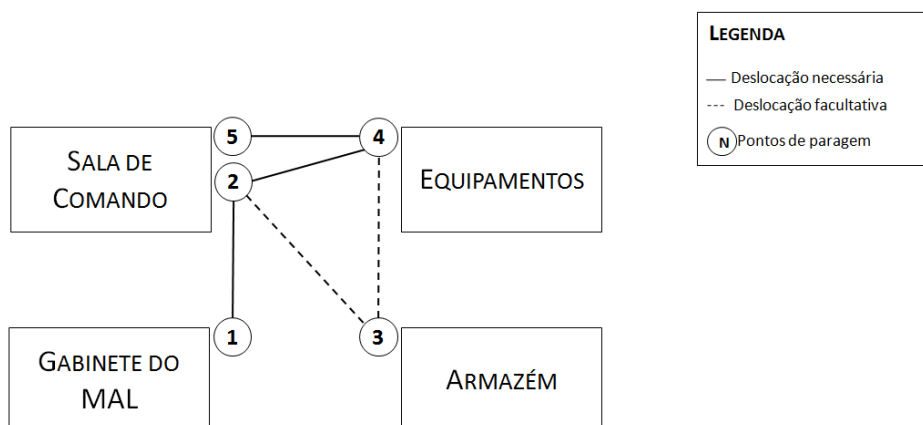
CAMPOS	DESCRIÇÃO
Descrição	Descrição dos valores a retirar e se é uma análise agendada
Registos	Os registos que estão planeados retirarem durante a atividade
Equipamento	Equipamento em análise
Ref <sup>a</sup>	Referência do equipamento em análise
NS	Nº da nota de serviço
Valores (rotação, frequência, temperatura motor, temperatura rodutor, consumo)	Valores observados dos dados analisados durante a atividade
Valores nominais	Valores nominais dos valores analisados
Comentários	Sugestões ou outras informações relevantes

Este sub-processo é descrito na figura 5.8 a partir do momento em que o executante lê a tarefa no plano mensal.



**Figura 5.8 Sub-processo de preenchimento da ficha de MPC**

A figura 5.9 descreve num diagrama de *spaghetti* as movimentações realizadas pelo executante da tarefa de registo de dados de MPC.



**Figura 5.9 Diagrama *spaghetti* do sub-processo do registo dos valores de MPC**

As características inerentes ao tempo despendido neste sub-processo são descritas na tabela 5.9 e 5.10, onde a primeira se refere ao caso em que não existe a necessidade de deslocação ao armazém de ferramentas e o segundo quando é necessária esta deslocação.

**Tabela 5.9 Tempo despendido no sub-processo do registo dos valores de MPC (com deslocamento a armazéns)**

ROTA	DESCRIÇÃO	TEMPO (s)
1-2	Após verificar o plano semanal desloca-se à sala de comando para recolher a ficha de registo de MPC	36.2
2	Procura e recolha da ficha de MPC	43
2-3	Deslocamento ao armazém de ferramentas	38
3	Procura e recolha do material necessário	54
3-4	Deslocamento até ao equipamento	96
4	Observação e registo de dados	51
4-5	Deslocamento do equipamento à sala de comando	133
5	Arquivo da ficha de registo de MPC	52
		503.2

**Tabela 5.10 Tempo despendido no sub-processo do registo dos valores de MPC (sem deslocamento a armazéns)**

ROTA	DESCRIÇÃO	TEMPO (s)
1-2	Após verificar o plano semanal desloca-se à sala de comando para recolher a ficha de registo de MPC	36.2
2	Procura e recolha da ficha de MPC	43
2-4	Deslocamento ao equipamento	133
4	Observação e registo de dados	51
4-5	Deslocamento do equipamento à sala de comando	133
5	Arquivo da ficha de registo de MPC	52
		448.2

São então despendidos aproximadamente 448.2 segundo, ou seja 8.5 minutos, quando é necessária a deslocação ao armazém das ferramentas e quando não é são despendidos 448.2 segundos ou seja 8 minutos.

O aspeto negativo qualificável deste sub-processo com mais evidência é o *design* da ficha de registo de MPC. Esta ficha apresenta campos desnecessários para efetuar a ação (e.g. referência do equipamento) e os campos principais, os de registo, não apresentam leitura imediata, o que torna o preenchimento moroso e passível de erros.

#### Preenchimento do relatório semanal

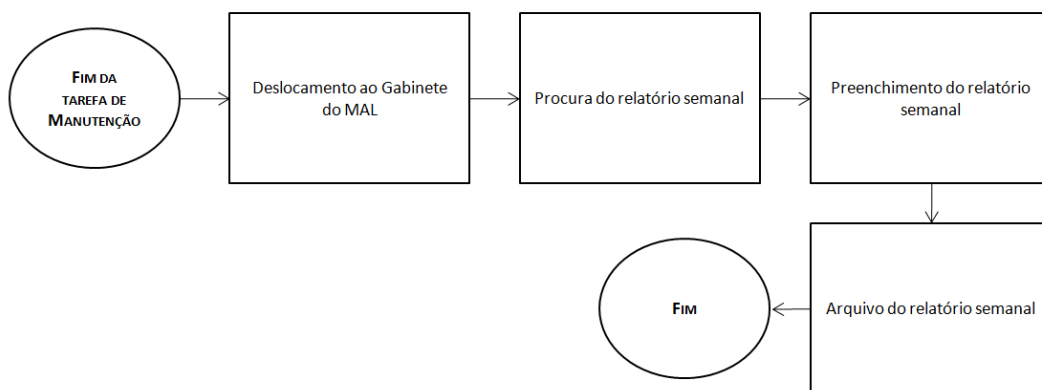
Cada operador/técnico de operação detém de um relatório semanal, onde regista as tarefas executadas, possibilitando-se a monitorização das suas tarefas por parte da chefia. Assim, quando o executante completa a atividade de manutenção, descreve-a no seu relatório semanal preenchendo os campos apresentados na tabela 5.11.



**Tabela 5.11 Campos da ficha de relatório semanal**

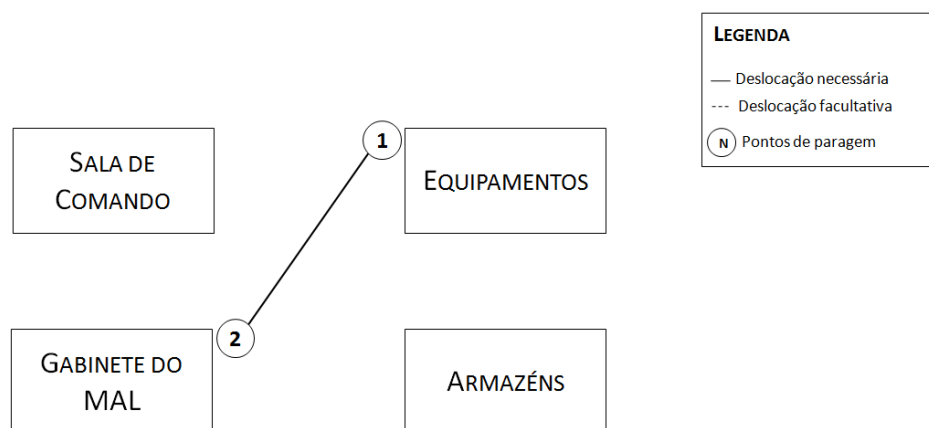
CAMPO	DESCRIÇÃO
Dia	Refere-se ao dia da semana em que o técnico se encontra
Hora	Refere-se à hora em que realizou uma determinada tarefa de manutenção.
Equipamento	Refere-se ao equipamento onde foi efetuado o trabalho.
Tarefa executada	Descreve a tarefa executada.

A figura 5.10 descreve o sub-processo em estudo da ótica do técnico de manutenção/operador. Assumindo que este preenche o relatório semanal após concluir uma tarefa de manutenção num determinado equipamento.



**Figura 5.10 Sub-processo de preenchimento do relatório semanal**

As deslocações são resumidas no diagrama *spaghetti*, figura 5.11:



**Figura 5.11 Diagrama *spaghetti* do de preenchimento do relatório semanal**

Analogamente às tarefas anteriores, este sub-processo exige deslocamentos, movimentações e outros desperdícios de tempo, tabela 5.12.

**Tabela 5.12 Tempo despendido no sub-processo de preenchimento do relatório semanal**

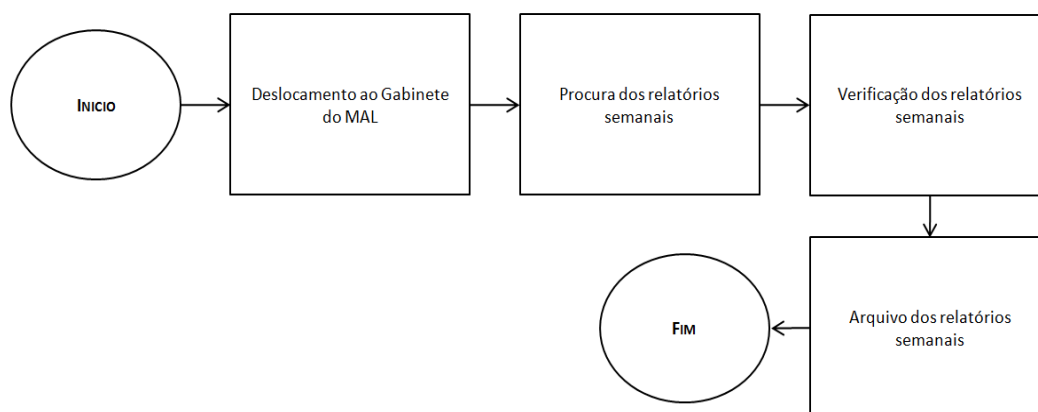
ROTA	DESCRIÇÃO	TEMPO (s)
1-2	Após terminar a tarefa de manutenção dirige-se à sala de comando	97
2	Procura o relatório semanal	40
2	Preenchimento do relatório semanal	67
2-3	Arquivo do relatório semanal	52
		256

Despende-se em média de 256 segundos no preenchimento da ficha de relatório semanal, este processo repete-se o mesmo número de vezes que o operário executar tarefas. Outro aspeto de análise é o estado psicológico e físico do executante no fim de uma tarefa de manutenção, maioria das tarefas exigem grande esforço o que o levam a um estado de exaustão. Assim, devido à sua repetição e contexto, os relatórios semanais apresentam-se débeis quanto à fiabilidade da informação contida.

#### Verificação do cumprimento das tarefas agendada

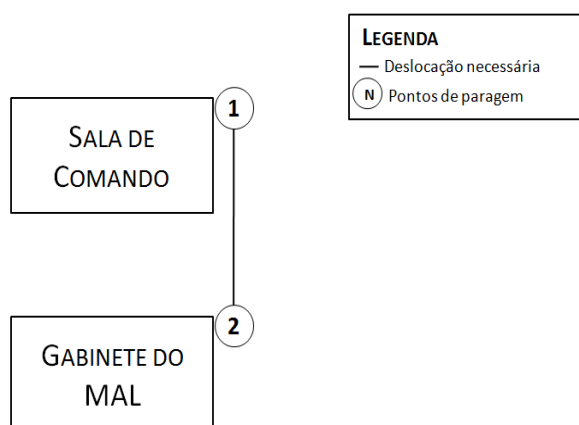
Após o preenchimento dos relatórios semanais é necessário proceder à sua monitorização. Neste sentido, no fim de cada semana, a chefia verifica o relatório semanal com a finalidade de controlar o seguimento do plano semanal agendado. Após o controlo, se não detetar qualquer anomalia a chefia arquiva a ficha num dossiê específico para cada operador.

A figura 5.12 descreve o procedimento levado a cabo pela chefia.



**Figura 5.12 Sub-processo de verificação do preenchimento do relatório semanal**

A figura 5.13 ilustra o diagrama *spaghetti* com as motivações realizadas neste sub-processo.



**Figura 5.13 Diagrama *spaghetti* do sub-processo de verificação do preenchimento do relatório semanal**

Os tempos despendidos neste sub-processo são resumidos na tabela 5.13.

**Tabela 5.13 Tempo despendido no sub-processo de verificação do relatório semanal**

ROTA	DESCRIÇÃO	TEMPO (s)
1-2	O técnico orientador da equipa do MAL dirige-se à sala de comando	36.2
2	Procura o relatório semanal	40
2	Verificação do relatório semanal	79
2-3	Arquivo do relatório semanal	52
		207.2

O tempo total contabilizado para este procedimento é de 207 segundos. Uma vez que todos os procedimentos exclusive o deslocamento até à sala de comando se repete 1 vez por cada operário/técnico de manutenção, dando o total de 12 vezes, o tempo despendido neste sub-processo acaba por ser 35 minutos. Outro ponto de análise é a eficácia do cumprimento do objetivo do sub-processo: monitorizar o cumprimento das tarefas agendadas. Devido à necessidade de leitura do relatório semanal, a chefia não toma conhecimento do estado do executante perante a tarefa a proceder, isto é, se está em processo, se já a realizou, se há impedimentos, o que dificulta a comunicação entre estes dois intervenientes.

#### Ficha de NA/NS

Na sequência de deteção de avaria pelo técnico/operador de manutenção ou chefia, caso o detetor detenha do conhecimento necessário a avaria esta é reparada e é emitida uma nota de avaria. O técnico/operador deve-se dirigir à sala de comando onde se encontra a ficha de nota de avaria e preencher os campos que lhe competem. De seguida entrega a um dos colaboradores que seja supervisor de tarefas de manutenção: o responsável de departamento, o responsável do MAL ou a chefia, para que este verifique a intervenção que foi realizada no equipamento. Se a tarefa está finalizada com sucesso, o responsável dá a ficha como encerrada e arquiva na sala de comando. Em caso de não ser possível reparar a avaria, o detetor abre uma NA e preenche os campos sobre os quais detém conhecimento e avisa um dos superiores para que estes concluam a ficha de NA com ordens específicas. Quando conclui a tarefa notifica os supervisores de modo a que estes verifiquem o trabalho executado e deem a ficha como encerrada.

Caso a avaria seja detetada pela chefia, técnicos do gabinete do MAL é emitida uma NS para um determinado executante com as ordens que ele deve seguir para solucionar a avaria. Quando este termina a tarefa notifica o respetivo supervisor, que verifica se a tarefa foi executada com sucesso e dá a ficha como encerrada.

A ficha de nota de avaria, que é igual à nota de serviço, incorpora os campos descritos na tabela 5.14.

**Tabela 5.14 Campos da ficha de NA**

CAMPOS	DESCRIÇÃO
Descrição	Descrição da avaria
Tipo de solicitação	Nota de avaria, nota de serviço
Datas	Data de início e fim da intervenção
Hora	Hora de início e fim da intervenção
Criticidade	Nível de criticidade da avaria
Urgência	Nível de urgência da avaria
Hierarquia	Hierarquia do emissor da ficha

(Continuação da Tabela 5.14 Campos da ficha de NA)

Prioridade	Nível de prioridade da avaria
Horas de Funcionamento	Horas de funcionamento do equipamento
Local instalação	Onde se encontra o equipamento
Localização	Nome do edifício de localização do equipamento
Sala	Sala onde se encontra o equipamento
Equipamento	Nome do equipamento
Conjunto	Conjunto a que pertence o equipamento
Previsão/execução	Tarefas executadas, descrição do dano, ferramentas utilizadas
Técnico	Nome do técnico que verificou a reparação da avaria
Data	Data de finalização da reparação da avaria.

A figura 5.14 ilustra as etapas percorridas desde a deteção da avaria até o arquivo da ficha de NA/NS.

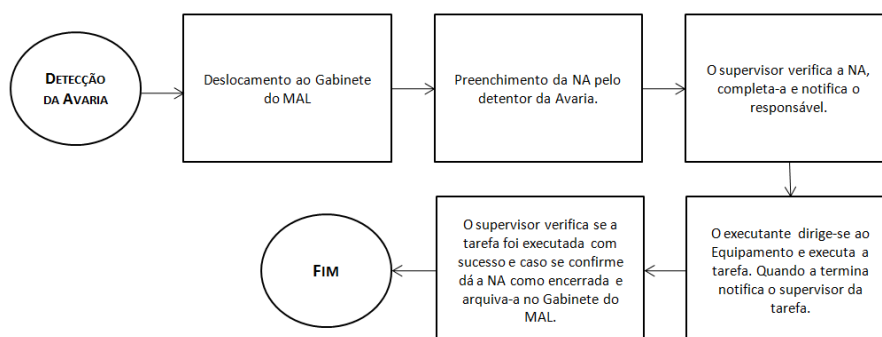
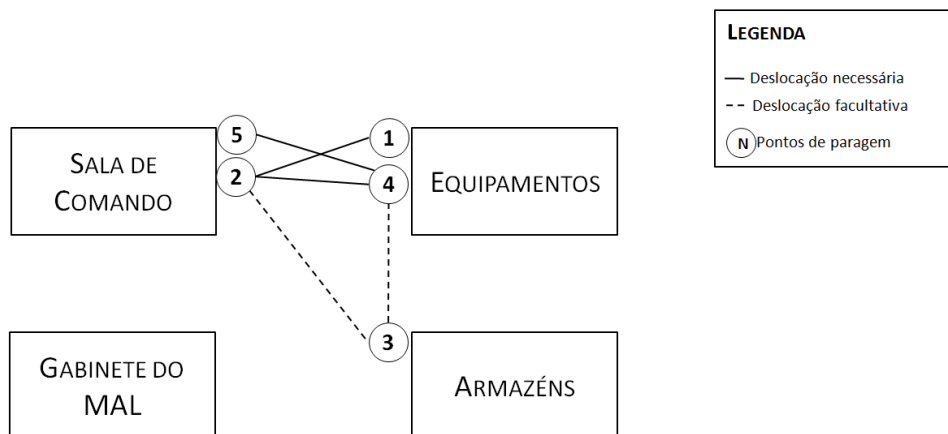


Figura 5.14 Sub-processo de preenchimento da ficha de NA

Seguidamente é apresentado o diagrama *spaghetti* na ótica do executante da tarefa quando o mesmo deteta a avaria. Os tempos respetivos ao encerramento da ficha pela chefia não são contemplados nesta análise, figura 5.15.



**Figura 5.15 Diagrama *spaghetti* do sub-processo de preenchimento da NA**

As características relativas ao tempo utilizado ao longo do processo são discriminadas por atividade na tabela 5.15 quando há necessidade de deslocação aos armazéns e 5.16 quando não é necessário.

**Tabela 5.15 Tempo despendido no sub-processo de preenchimento da ficha de NA (com deslocação a armazéns)**

ROTA	DESCRIÇÃO	TEMPO (s)
1-2	Deslocamento do equipamento à sala de comando	131
2	Procura da ficha de NA	43
2	Preenchimento da NA	55
2	Coloca a NA no arquivo "pendente"	45
2	Após receber ordens do supervisor consulta a ficha de NA com as indicações	56
2-3	Dirige-se ao(s) armazém(s)	119,6
3	Procura e recolha do material	53
2-4	Dirige-se ao equipamento onde efetua a reparação	131
4-5	Deslocamento ao gabinete do MAL e notifica o supervisor que a tarefa foi executada	97
		730,6

**Tabela 5.16 Tempo despendido no sub-processo de preenchimento da ficha de NA (sem deslocamento a armazéns)**

ROTA	DESCRIÇÃO	TEMPO (s)
1-2	Deslocamento do equipamento à sala de comando	131
2	Procura da ficha de NA	43
2	Preenchimento da NA	55
2	Coloca a NA no arquivo "pendente"	45
2	Após receber ordens do supervisor consulta a ficha de NA com as indicações	56
2-4	Dirige-se ao equipamento onde efetua a reparação	131
4-5	Deslocamento ao gabinete do MAL e notifica o supervisor que a tarefa foi executada	131
		592

De modo a compreender a eficácia da utilização destas fichas procede-se a uma análise de 50 fichas aleatórias. A escolha do método de análise deve-se ao facto do cálculo da população de fichas despende demasiado tempo tendo em conta o limite de tempo de estágio. Esta dificuldade surge pelo facto de a organização e numeração das fichas não se encontrar segundo as práticas em vigor na organização.

O fator em estudo é o “bom preenchimento” e “mau preenchimento”, seguindo uma distribuição de *Bernoulli*. Onde o objetivo é estimar o parâmetro  $p$  da distribuição de *Bernoulli*. Sendo:

$p$ - “Bom preenchimento” todos os campos preenchidos de forma completa e legível

$q$ - “Mau preenchimento” existem campos em branco.

Deste estudo conclui-se que 40% das fichas se encontram bem preenchidas e 60% mal preenchidas.

Este facto induz uma análise de possíveis causas, das quais se destaca o formato da ficha: esta apresenta 17 campos onde maioria exige o preenchimento por extenso, o que em caso de dúvida ou por cansaço, é deixado em branco. Existem campos de preenchimento não direto e complexos, é o caso da hierarquia, urgência prioridade e previsão de tarefas. Outro ponto importante é a necessidade de deslocamento do equipamento até à sala de comando. Estes factos aumentam o tempo de preenchimento e a probabilidade de mau preenchimento da ficha.

## 5.2.2 FLUXO DE MATERIAIS

O fluxo de materiais contempla o armazenamento e gestão dos materiais necessários à manutenção dentro da ETAR da Mutela.

Os materiais necessários são armazenados em três locais distintos dentro das instalações

- i. Armazém de peças de reserva;
- ii. Armazém de lubrificantes e detergentes;

iii. Armazém de ferramentas.

O primeiro armazém destina-se ao armazenamento das peças de reserva. Estas estão organizadas por prateleiras etiquetadas, consoante o nome do equipamento.

O segundo armazém é destinado a lubrificantes e outros líquidos (e.g. óleos), este apresenta uma organização idêntica ao primeiro armazém.

O terceiro armazém, o armazém das ferramentas localiza-se no edifício de exploração, onde são guardadas ferramentas (e.g. chave de fendas, parafusos) e material necessário para as tarefas de MPC, o estroboscópio.

A distância entre os armazéns é resumida na tabela 5.17.

**Tabela 5.17 Distância entre os armazéns**

DESLOCAMENTO	DISTÂNCIA (m)
Armazém de peças de reserva-armazém de lubrificantes e detergentes	230
Armazém de peças de reserva-armazém de ferramentas	50
Armazém de ferramentas-armazém de lubrificantes e detergentes	97

Conclui-se que os armazéns encontram-se a distâncias significativas, a figura 5.16 apresenta estas distâncias, o que perante situações de manutenção em que são necessários produtos localizados nos três armazéns exige que o indivíduo além da deslocação até ao edifício onde vai efetuar a ação de manutenção, ainda percorra a distância entre os armazéns. Dentro do armazém, não existe nenhuma lista de inventário onde seja possível consultar a localização do produto e a que edifício está associado.



**Figura 5.16 Distância entre os armazéns**



Os armazéns não utilizam nenhum sistema de gestão de *stock*, o que possibilita situações de rutura de *stock* e excesso de *stock*.

Estes pontos originam desperdício de tempo de procura de materiais, e muitas das vezes, devido ao cansaço e falta de eficácia na procura causam no indivíduo:

- i. Frustração;
- ii. Falta de motivação.

O que se traduz na falta de produtividade, qualidade e eficácia na execução da ação de manutenção.

Os sub-processos com mais impacto neste processo são:

- i. Acesso ao material;
- ii. Reposição de materiais.

#### Acesso ao material

O acesso ao material é realizado sempre que um executante de uma atividade manutenção necessita de material (e.g. peças, lubrificantes) para a realizar. A informação relativa à denominação e quantidade de material necessário encontra-se na NA ou NS ou na ficha do equipamento, dependendo da situação. No entanto, não é fornecida informação relativa à localização do material o que força o executante a percorrer os dois armazéns para encontrar os materiais. Outro ponto de avaliação importante é a disposição dos materiais no armazém: quando o indivíduo entra no armazém este procura o material procurando a prateleira com a etiqueta com o seu nome e se o material necessário não se encontrar lá tem que assegurar que este não está mal arrumado, o que torna o acesso ao material num sub-processo demorado.

Assim, devido á dispersão da localização dos materiais e falta de informação. O acesso aos materiais é um sub-processo que exige tempo para procurar os materiais e perseverança, o que proporciona à ocorrência de erros na execução das tarefas de manutenção.

#### Reposição de materiais

A reposição de materiais apresenta um controlo débil devido à falta de dados é impossível contabilizar o *stock* em excesso e em falta na ETAR da Mutela, uma vez que os únicos métodos possíveis de controlo de *stock* é a comparação das notas de avaria e de serviço e o plano de manutenção preventiva com o *stock* existente, é a partir desta informação que a chefia tenta aprovisionar atempadamente os armazéns para que as tarefas de manutenção possam ser levadas a cabo.



# 6 PROPOSTAS DE MELHORIA

Neste capítulo apresentar-se-ão propostas de melhoria para os constrangimentos encontrados no capítulo 5. O capítulo divide-se em três partes, a primeira destina-se a propostas de manutenção *lean*, a segunda apresenta uma sugestão de um novo sistema informatizado de gestão da informação de manutenção e, por último, a terceira, que apresenta novos indicadores de manutenção.

O resultado final ambicionado é melhorar o ambiente de trabalho, aumentar a motivação de todos os colaboradores, reduzir erros/falhas e tornar a gestão e utilização dos recursos humanos e materiais mais eficiente e eficaz.

Desta forma, este capítulo responderá à questão “como melhorar a eficiência e eficácia da função manutenção da ETAR da Mutela?”.

## 6.1 APLICAÇÃO DE ALGUMAS TÉCNICAS DE MANUTENÇÃO *LEAN*

Da análise realizada no capítulo 5 deste documento, conclui-se que o plano de Manutenção da ETAR da Mutela apresenta constrangimentos na sua organização que facultam espaço para melhorias.

A implementação da metodologia *lean* na ETAR da Mutela, é uma tarefa cada vez mais urgente, uma vez que auxilia a organização a enfrentar desafios de gestão e otimização, dos quais, a diminuição de variações no processo, a redução de falhas, a redução de custos e tempo de ciclo, o aumento da qualidade do serviço, a diminuição do absentismo e melhoria do ambiente de trabalho.

O projeto apresentado neste sub-capítulo para manutenção *lean* foi desenvolvido com foco principal na otimização das atividades de manutenção, eliminando/reduzindo os desperdícios identificados para cada sub-processo.

O projeto foi desenvolvido com o auxílio da técnica DMAIC, neste sentido, são seguidas as etapas *analyse* e *improve*, dando deste modo continuação ao estudo iniciado no capítulo anterior. Assim, será identificado para cada caso uma oportunidade de melhoria, os desperdícios associados e uma proposta de melhoria onde são estimados os efeitos de um novo cenário.

### Etapas define e measure

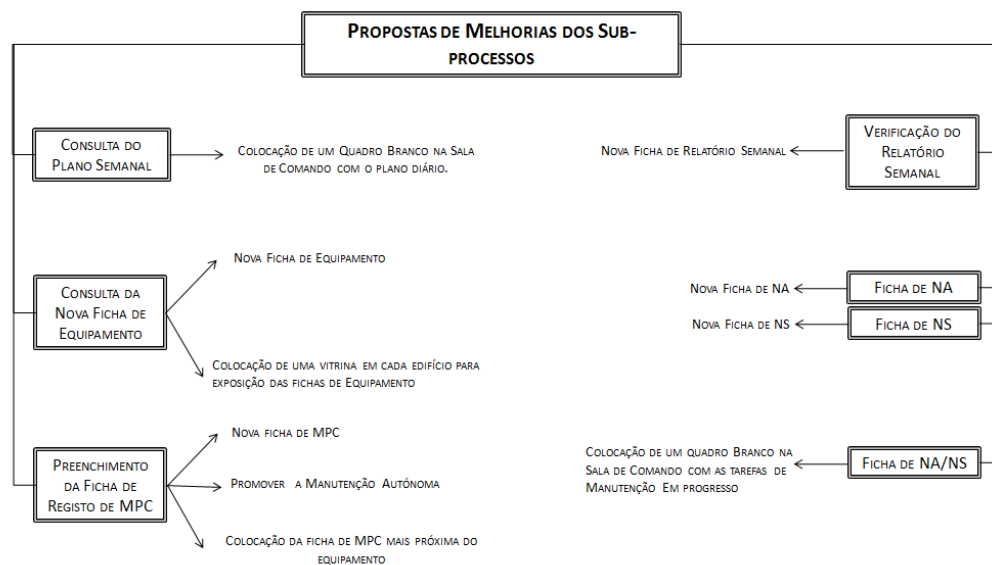
Com base no estudo do terreno, apresentado nas etapas *define* e *measure*, deste documento, são identificados oportunidades de melhoria para cada sub-processo e de seguida são apresentadas as respetivas propostas para a criação de valor.

Os impactos destas propostas de melhoria visam:

- i. Uma comunicação facilitada entre chefia e operadores/técnicos;

- ii. Maior controlo das tarefas de manutenção agendadas;
- iii. Uma comunicação entre todos os intervenientes da manutenção mais clara e simples;
- iv. Promoção da manutenção autónoma;
- v. Diminuição dos tempos de acesso à informação;
- vi. Aumento do sentido de responsabilidade e impacto na organização por parte dos responsáveis e executantes, enquanto membros de uma equipa, no sentido de valorização da sua presença;
- vii. Melhor organização do local de trabalho.

A figura 6.1 resume as propostas de melhoria aplicadas a cada sub-processo.



**Figura 6.1** Propostas de melhoria *lean*

## Fluxo de Informação

### Consulta do plano semanal

#### 1.Colocação de um quadro branco na sala de comando

##### Oportunidade de melhoria

O desperdício de tempo na consulta do plano semanal no gabinete do MAL não é relevante para o bom funcionamento da ETAR. No entanto, o facto de este plano se encontrar apenas na sala de comando e não dispor de nenhum mecanismo que garanta que o mesmo foi consultado, limita a sua consulta e pode desencadear falhas no cumprimento do plano.

##### Desperdícios

- i. Tarefas não cumpridas atempadamente;
- ii. Tempo despendido na gestão de tarefas de manutenção.

### Proposta de melhoria

É proposta a colocação de um quadro branco na sala de comando com a calendarização das tarefas diárias. No final do dia, os colaboradores do MAL ou a chefia, devem escrever as tarefas agendadas para o dia seguinte, completando os seguintes campos: apelido: primeira letra do nome do executante, atividade de manutenção, localização, e executado ou não executado. No dia seguinte os operadores/técnicos de manutenção devem ler o quadro e no final do dia assinalar as tarefas que foram executadas. As que, por algum motivo não forem executadas devem sublinhar-se a vermelho, para que tenham prioridade sobre as tarefas que advêm. Este processo deve integrar na rotina diária dos operadores/técnicos de manutenção.

Esta melhoria visa uma melhor comunicação e controlo das atividades de manutenção, aumentando a eficácia no cumprimento das tarefas e a redução do tempo de consulta do plano semanal.

É uma melhoria categorizada como uma medida de 5s, correspondendo ao primeiro S, *seiri*, eliminar, e ao quarto S o *seiketsu*, normalizar. Uma vez que é eliminado uma forma de informação que dificultava o processo de gestão de tarefas de manutenção e é criada uma rotina de modo a que esta se normalize.

A tabela 6.1 apresenta o impacto no tempo de consulta do plano semanal. Espera-se que este reduza o tempo total da tarefa a 50%. Esta redução advém da facilidade de leitura das tarefas agendadas para o dia quando comparada com o plano mensal original, impresso numa folha A4 e com pouco destaque no gabinete do MAL.

**Tabela 6.1 Redução de tempo da melhoria proposta para a rotina de verificação do plano mensal**

DESCRIÇÃO	TEMPO ATUAL (s)	TEMPO ESTIMADO (s)	REDUÇÃO
Consulta do plano mensal	23	10	-56%

Esta medida, também tem um grande impacto na posição do técnico/operador de manutenção perante o sistema de manutenção: a colocação do seu nome no quadro e da tarefa que lhe foi atribuída transmite a este que o seu papel é essencial para o cumprimento do plano de manutenção. Outro ponto é o facto de a tarefa só desaparecer quando está finalizada, isto evita que uma atividade de manutenção corretiva se sobreponha de tal modo às previamente programadas que estas acabem por não se realizar. Estes benefícios são resumidos na tabela 6.2.

**Tabela 6.2 Impacto da melhoria proposta para a rotina de consulta do plano semanal**

CARACTERÍSTICA	MELHORIA
Motivação dos técnicos/operadores	A colocação dos nomes dos técnicos/operadores num quadro aumenta o sentido de responsabilidade perante a tarefa dos operadores.
Gestão mais eficaz das tarefas de manutenção	Através do controlo visual diário é possível um acompanhamento mais eficaz das tarefas de manutenção em progresso.

## **Consulta da ficha do equipamento**

### **1.Nova ficha de equipamento**

#### Oportunidade de melhoria

A ficha atual de equipamento é muito extensa e detém de campos desnecessários para a consulta dos técnicos/operadores o que torna a leitura da ficha cansativa e desorganizado.

#### Desperdício

- i. Tempo de leitura da ficha;
- ii. Informação mal interpretada que pode desencadear-se a uma tarefa sem sucesso;
- iii. Cansaço o que torna a tarefa mais morosa.

#### Proposta de melhoria

Devido a constrangimentos da antiga ficha de equipamento foi criada uma nova ficha, figura 6.2, denominada por “características do equipamento”. Esta, parte de uma análise dos campos da ficha do equipamento inicial, concluindo-se que, para que as rotinas de manutenção sejam executadas com sucesso apenas são necessários os seguintes campos: nome do equipamento, localização do equipamento, modelo, motor, redutor, tabela relativa às rotinas de manutenção e os lubrificantes e outros materiais associados e os ensaios a realizar. É acrescentada à tabela de tarefas de MPS uma nova coluna com o tempo esperado da rotina. Assim, quando é elaborado o plano de MPS é possível uma calendarização mais fiável.

Desta análise e estudo foi elaborada uma ficha com informação clara, precisa e organizada de forma simples, de leitura imediata e intuitiva, diminuindo o tempo de leitura da ficha 30s, ou seja 33% do tempo inicial, isto implica uma redução de 4% do tempo total deste sub-processo quando há deslocamento ao armazém, tabela 6.3, e 6% quando não há.



O facto de apresentar o tempo da tarefa de MP e a restrição a campos somente necessários, possibilitaria uma consulta mais detalhada e clara da tarefa de MP a realizar. Assim, esta proposta apresentaria outros benefícios, representados na tabela 6.4.

**Tabela 6.4 Impactos da melhoria 1 proposta para a rotina de consulta da ficha do equipamento**

CARACTERÍSTICAS	IMPACTO
Frustração dos técnicos/operadores	A informação clara, concreta e simples torna a leitura mais fácil, evitando frustrações por dificuldade em encontrar a informação pretendida.
Tempo de leitura da ficha de equipamento	Reduz o tempo de leitura em 30s
Leitura da ficha	Torna-se mais rápida, intuitiva e menos passível de erros

## **2.Colocação de vitrinas nas salas de equipamentos**

### Oportunidade de melhoria

Para a leitura da ficha do equipamento os técnicos de manutenção e os operadores deslocam-se à sala de comando. Observa-se que muitas das vezes, a fim de evitar esta deslocação os técnicos e os operadores não consultam as fichas do equipamento e baseiam-se em conhecimento adquirido por experiência para efetuar as atividades de manutenção. Assim, além do tempo perdido em deslocação, este deslocamento, aumenta a probabilidade de erros (e.g. troca de lubrificantes).

### Desperdício

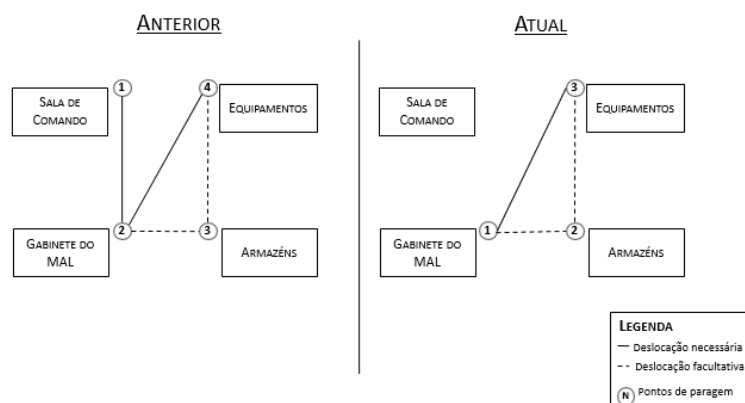
- i. Deslocamento à sala de comando;
- ii. Aumento da probabilidade de erros na execução da tarefa de manutenção.

### Proposta de melhoria

A fim de eliminar o deslocamento até à sala de comando, é sugerida a implementação na entrada dos edifícios de uma vitrina com as fichas de “características equipamento” dos equipamentos dos respetivos edifício. Esta alteração do *layout* elimina deslocações desnecessárias até à sala de comando.

A proposta tem como base a ferramenta 5s da filosofia *lean*. Esta ferramenta visa a organização do local de trabalho, de modo a diminuir desperdícios de tempo. A medida implementada está integrada no quarto S, o *seiton*, em português ordenar. Esta promove a arrumação dos materiais ao pé do local de trabalho em estruturas próprias. Assim, esta melhoria eliminaria a deslocação da sala de comando ao equipamento. A figura 6.3 mostra as alterações verificadas no trajeto deste sub-processo.





**Figura 6.3 Diagrama *spaghetti*- antes de depois da melhoria proposta para a consulta da ficha de equipamentos**

O efeito desta proposta de melhoria é a redução do tempo necessário para o acesso à informação relativa ao equipamento e do tempo de consulta consulta e devido à sua simplicidade o aumento da consulta das fichas do equipamento.

Seguidamente é apresentada uma tabela que compara os tempos medidos no capítulo anterior e os tempos esperados com a implementação desta melhoria. A tabela 6.5 refere-se ao sub-processo quando é necessária a deslocação até ao armazém. Conclui-se com esta análise que há um aumento de 13% do tempo inicial, este aumento do tempo verifica-se pela necessidade de deslocamento ao(s) armazém(s) após a leitura da ficha do equipamento, obrigando o indivíduo a não só efetuar o deslocamento do gabinete do MAL ao equipamento como também do equipamento ao armazém e vice-versa. Quando não é necessária a deslocação até ao armazém há uma redução de 30%.

**Tabela 6.5 Redução de tempo da melhoria proposta para a rotina de consulta da ficha de equipamento**

ROTA ATUAL	ROTA ESTIMADA	DESCRIÇÃO	TEMPO ATUAL (s)	TEMPO ESTIMADO (s)	DIFERENÇA (%)
1-2	-	Após verificar o plano mensal desloca-se à sala de comando para consultar a ficha do equipamento	36,2	-	-
-	1-2	Após verificar o plano mensal desloca-se ao equipamento	-	96.8	-
2	2	Procura da ficha do equipamento	43	55	-
2	2	Consulta da ficha do equipamento	45	30	-30
2-3	-	Deslocamento da sala de comando ao(s) armazéns	119.6	-	-
-	2-3	Deslocamento ao(s) armazém(s)	-	119.6	-
	3	Procura e recolha do material	53	53	
3-4	3-4	Deslocamento do(s) armazém (s) ao equipamento	131	131	-
			427.8	485.4	13

Outros benefícios que surgem da implementação desta medida, passam pela facilidade de acesso à ficha durante o trabalho com o equipamento, deste modo, caso surja uma avaria, o detetor rapidamente

consulta a informação necessária para diagnosticar as possíveis causas e as necessidades de manutenção do equipamento, outro benefício é a informação que a ficha oferece aos operários/técnicos de manutenção uma vez que esta se encontra no seu local de trabalho com uma apresentação visível e atrativa, promove um conhecimento mais detalhado das necessidades e características dos equipamentos com que trabalham. Deste modo, é incentivada a manutenção autónoma que apela a que os operários que lidam com os equipamentos cuidam dos mesmos.

## Preenchimento da ficha de registo de tarefas de MPC

### 1.Nova ficha de MPC

#### Oportunidade de melhoria


A ficha de registo de MPC apresenta uma seleção de campos pouco prática, acompanhada com um *design* pouco apelativo: para o registo dos valores requeridos é necessários preencher previamente uma serie de campos, o que torna o seu preenchimento cansativo e plausível de erros.

#### Desperdício

- i. Tempo de preenchimento da ficha de MPC moroso;
- ii. Dados com probabilidade de erro.

#### Proposta de melhoria

Sugere-se a adoção de uma nova ficha, figura 6.4. Esta, apresenta apenas os campos necessários para o registo das medidas pretendidas e espaço para a assinatura do executante da tarefa.

 <b>SMAS-MUNICÍPIO DE ALMADA</b> SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE ÁGUA E SANEAMENTO DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS MAL-Manutenção Electromecânica-Planeamento, Programação e Assistência Técnica							
<b>Folha de Registo de MPC</b>							
<b>Equipamento</b>							
Equipamento/Componente							
Localização							
<b>Valores Observados</b>							
Data	T.Motor(Cº)	T.Redutor(Cº)	T.Variador de Vel (Cº)	Freq (Hertz)	Rot.por minuto(RPM)	Corrente(A)	Executante

**Figura 6.4 Nova ficha de MPC**

A nova ficha visa além da diminuição do tempo de preenchimento, tabela 6.6, uma diminuição da probabilidade de erros de preenchimento. Sendo previsto, quando necessário o deslocamento ao armazém de ferramentas que o tempo de preenchimento diminua em 40%, num total de uma redução de 6% em todo o sub-processo. Quando não é necessário o deslocamento ao armazém a redução é de 4%.

**Tabela 6.6 Redução de tempo da melhoria proposta para a rotina da atividade de MPC**

ROTA ATUAL	DESCRIÇÃO	TEMPO ATUAL (s)	TEMPO ESTIMADO (s)	DIFERENÇA (%)
1-2	Após verificar o plano semanal desloca-se à sala de comando para recolher a ficha de registo de MPC	36.2	36.2	-
2	Procura e recolha da ficha de MPC	43	43	-
2-3	Deslocamento ao armazém de ferramentas	38	38	-
3	Procura e recolha do material necessário	54	54	-
3-4	Deslocamento até ao Equipamento	96	96	-
4	Observação e registo de dados	51	30	-40
4-5	Deslocamento do equipamento à Sala de comando	133	133	-
5	Arquivo da ficha de registo de MPC	52	52	-
		503.2	482.2	-6

Os impactos qualificáveis são descritos na tabela 6.7.

**Tabela 6.7 Impactos da melhoria 1 proposta para o preenchimento da ficha de registo de tarefas de MPC**

<i>CARACTERÍSTICAS</i>	<i>IMPACTO</i>
Diminuição de erros	A nova ficha apenas dispõe da informação necessária. Deste modo, o preenchimento é mais rápido e evidente.
Tempo de preenchimento da ficha	Reduz o tempo 40%

## **2.Colocação da ficha de MPC próximas do equipamento**

### Oportunidade de melhoria

A manutenção preventiva condicionada é apenas realizada pelos intervenientes do gabinete do MAL o que a restringe à disponibilidade destes. Uma vez que está na sua dependência a manutenção das 4 ETARs, pode ocorrer que estes não disponham de tempo para a realização das atividades de MPC, devido à sobreposição com outras atividades de manutenção.

As deslocações nesta tarefa representam uma grande fração no tempo despendido. Este facto dificulta a gestão da informação e diminui a motivação dos responsáveis de manutenção.

Outro ponto fraco é a necessidade de agendar a tarefa de manutenção condicionada, o que, em situações de sobreposição de outras tarefas faz com que esta não seja realizada.

### Desperdício

- i. Deslocamento à sala de comando;
- ii. Incumprimento do plano semanal.

#### Proposta de melhoria

Sugere-se que ficha de registo de MPC seja colocada próxima do equipamento. De modo a que os campos que sejam visíveis no *display* sejam registados semanalmente por operários/técnicos que executem tarefas nas proximidades do mesmo equipamento.

Deverá existir em cada edifício dois repositórios de fichas, um para as fichas por preencher e outro com as preenchidas. No final de cada semana, um colaborador do MAL é selecionado para recolher as fichas preenchidas e arquivar na sala de comando.

Deste modo, o único campo que continuará a ser efetuado pelo gabinete do MAL será as rotações por minuto que continuarão na rotina anterior, uma vez que só podem ser lidos através do estroboscópio.

Esta medida pertence ao pilar manutenção autónoma da metodologia TPM, que promove que os operários que trabalhem com os equipamentos encarreguem-se da manutenção do bom funcionamento dos mesmos.

Para a implementação desta medida, é fundamental uma ação de formação junto dos operários e técnicos de manutenção, no sentido, de os motivar e formar para o preenchimento das fichas de registo de MPC. A ideia é que um operário/técnico de manutenção que passe por uma ficha do equipamento que ainda não tenha sido preenchida durante a semana, tome a iniciativa de a preencher. Esta medida é inserida no modelo 5s, seguindo o terceiro S, o *seiton*, que visa a colocação dos materiais necessários nas proximidades do local da tarefa a realizar.

Daniel Kahneman, psicólogo e Nobel da economia, estudou o efeito “Lady Macbeth”, que defende que a sensação de que se está a ser observado incentiva um melhor comportamento nas pessoas, sem que estas tenham essa consciência [49].

Seguindo esta linha de pensamento, sugere-se a colocação de uma imagem de uns olhos no repositório das fichas de registo de MPC. Prevê-se que os operários/técnicos de manutenção aumentem o seu sentido de responsabilidade perante o preenchimento diário da ficha, aumentando a probabilidade de sucesso desta medida.

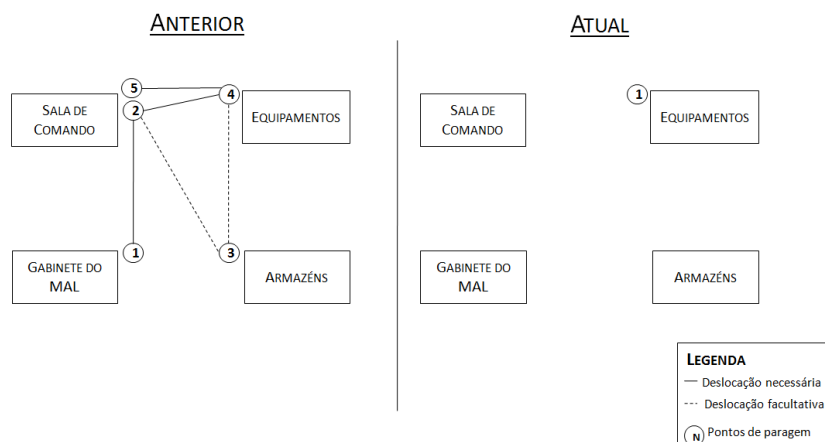
O gabinete do MAL deverá ter a responsabilidade de recolher mensalmente a ficha de registo e colocar uma nova por equipamento. Ao final do mês, os valores observados devem ser confrontados com os nominais.

Assim, a rotina de MPC divide-se em duas rotas: a dos operários e dos intervenientes do gabinete do MAL. A leitura do RPM continua com a rotina antiga.

A nova rotina dos operários/técnicos de paragem, é de difícil contabilização uma vez que é realizada maioritariamente em tempos parados do dia de trabalho.

Seguidamente é realizada a análise do impacto da colocação da ficha de MPC nas proximidades do equipamento. A figura 6.4 apresenta o diagrama *spaghetti* anterior e com a implementação desta

medida. Para a realização desta análise toma-se como pressuposto que o indivíduo se encontra nas proximidades do equipamento quando inicia a tarefa.



**Figura 6.5 Diagrama *spaghetti* antes e depois da melhoria proposta para o sub-processo de preenchimento da ficha de MPC**

Na tabela 6.8 é apresentada a níveis percentuais a redução de tempo no sub-processo. Conclui-se que a adoção desta melhoria traduzir-se-á numa redução de 87% no tempo total dedicado a este sub-processo.

**Tabela 6.8 Redução do tempo da melhoria proposta para a rotina de preenchimento da ficha de MPC**

ROTA ATUAL	ROTA PROPOSTA	DESCRIÇÃO	TEMPO ATUAL (s)	TEMPO ESTIMADO (s)	DIFERENÇA (%)
1-2	-	Após verificar o plano semanal desloca-se à sala de comando para recolher a ficha de registo de MPC	36.2	-	-
2	1	Procura e recolha da ficha de MPC	43	13	-69
3-4	-	Deslocamento até ao equipamento	133	-	-
4	1	Observação e registo de dados	51	30	-40
4-5	-	Deslocamento do equipamento à sala de comando	133	-	-
5	1	Arquivo da ficha de registo de MPC	52	13	-75
			448.2	56	87

Assim, esta melhoria, inserida na filosofia 5s, prevê os seguintes resultados:

- Supressão dos deslocamentos;
- Melhor qualidade do histórico dos equipamentos;
- Monitorização dos dados registados facilitada;

- iv. Supressão do planeamento de tarefas de manutenção preventiva condicionada;
- v. Promoção da manutenção autónoma.

### **Verificação do cumprimento das tarefas agendada**

#### **1. Novo relatório semanal**

##### Oportunidade de melhoria

Quando o executante completa o trabalho regista-o no seu relatório semanal. Isto exige a leitura por parte da chefia dos relatórios semanais relativos a cada operador e técnicos de manutenção com o objetivo de controlo da execução das tarefas.

A relação tempo benefícios desta tarefa é baixa, uma vez que, muitas das tarefas não estão explicitadas devidamente tornando difícil a análise e comparação com a tarefa que estava efetivamente planeada.

##### Desperdício

- i. Tempo de verificação de tarefas;
- ii. Historial de atividades de manutenção débil e com erros.

##### Proposta de melhoria

Tendo como base o plano mensal da ETAR da Mutela é sugerida uma nova versão do plano semanal figura 6.6. Esta versão visa a implementação do controlo visual de tarefas através da adição de duas colunas: verificada pelo executante e executada, ambas com espaço para a assinatura do executante. O objetivo é que sempre que o executante leia a tarefa que lhe está destinada assine na coluna “verificado” e quando a executa assine na coluna “executado”. Deste modo, sem necessidade de acesso a outros documentos, é possível verificar de modo direto se a tarefa está a ser executada ou se já foi.

A implementação desta medida tem impacto na diminuição de tempo de deslocamentos por parte chefia até à sala de comando e o tempo de controlo e verificação das fichas.

Como a ficha se encontra no gabinete do MAL, local de trabalho dos supervisores das tarefas de manutenção, a verificação das atividades de manutenção deixa de ser uma tarefa programada e passa a uma tarefa que pode ser realizada a qualquer altura do dia, sem esforço e perda de tempo. Havendo a eliminação a 100% deste sub-processo.



Assim, o preenchimento da ficha de NA, é um processo muito demorado e com muita tendência para erros.

#### Desperdício

- i. Tempo de preenchimento da ficha de NA;
- ii. Histórico de avarias débil e com erros.

#### Proposta de melhoria

No sentido de tornar o preenchimento da ficha de avaria mais intuitivo, simples, rigoroso e completo, concebeu-se uma nova ficha de nota de avaria, figura 6.7. Na nova ficha, todos os campos são de preenchimento direto. Deste modo, a utilização destas fichas é facilitada, o que aumenta a taxa de fichas bem preenchidas e diminui o tempo o tempo de preenchimento.

A ficha está dividida em oito partes.

- i. Cabeçalho

A primeira parte é reservada ao cadastro do nome do técnico e do colaborador do MAL que verificou a ficha, aqui também é referido o índice de prioridade. Este índice surge de um modo simples; ao contrário da antiga ficha, aqui não é necessário quantificar outros índices para obter a prioridade. Esta é dada pela intuição do técnico de manutenção, podendo ser classificada como alta, média e baixa. A esta classificação estão associadas as cores vermelho, amarelo e verde, de modo a tornar a escolha mais imediata. Deste modo, diminui-se a probabilidade de erro na escolha da prioridade.

- ii. Data e hora;

A segunda parte refere a data e hora de deteção da avaria, de início da reparação e de fim de reparação. Estes dados são essências para o posterior cálculo de indicadores de manutenção (e.g. MTBF, MTR).

- iii. Objeto de avaria;

A terceira parte, diz respeito ao objeto de avaria. Aqui é requerido o preenchimento de três campos: localização, equipamento e se a avaria foi em cadeia.

- iv. Tipo de avaria;

A quarta parte e quinta parte, tipo de avaria e intervenção, é apresentada em estilo americano, em que o utilizador diante uma lista de possíveis respostas, assinala com uma cruz a(s) opção(s) correta(s).

- v. Intervenção;
- vi. Material;

A sexta parte, material, dispõe de uma tabela para o registo do material utilizado e quantidade.

- vii. Sugestões;


A sétima parte, sugestões, é reservada a qualquer tipo de comentário que se deseje fazer.




viii. Aprovação técnica.

A última parte, aprovação técnica, além de apresentar um campo para a verificação da execução da tarefa, apresenta dois campos relativos ao estado do equipamento após a reparação.

A adoção desta ficha visa melhorias a nível de redução de tempo dedicado ao preenchimento da ficha, tabela 6.10.



**SMAS-MUNICÍPIO DE ALMADA**  
SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE ÁGUA E SANEAMENTO  
DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS  
MAL-Manutenção Electromecânica-Planeamento, Programação e Assistência Técnica



### Nota de Avaria

Nota nº		Emitida por:			Alta	Média	Baixa
		Aprovado por:		Prioridade			

#### Data e Hora

	Dia	Hora		Dia	Hora
Quando detectou a avaria?			Reparação iniciada		
			Reparação finalizada a		

#### Objeto de Avaria

Equipamento/Componente	
Localização	
avaria em cadeia?	1

#### Tipo de Avaria

Sintomas	
Inoperacional	
Fraco Rendimento	
Fuga	
Vibração	
Fratura	
Ruído	
Sobreaquecimento	

#### Intervenção

Ajustado/Afinado	
Reparado	
Lubrificado	
Substituído	
Modificado	
Limpo	
Outro	

#### Material

Designação	Quantidade

#### Sugestões

#### Aprovação Técnica

	Sim	Não
Equipamento encontra-se em boas condições para desempenhar as suas funções		
Equipamento encontra-se dentro dos padrões de Higiene e Segurança		

Aprovação Técnica

Figura 6.7 Nova ficha de NA

**Tabela 6.10 Efeito da melhoria 1 do sub-processo da ficha de NA no tempo despendido**

ROTA	DESCRIÇÃO	TEMPO ATUAL (s)	TEMPO ATUAL (s)	DIFERENÇA (%)
1-2	Deslocamento do equipamento à sala de comando	131	131	-
2	Procura da ficha de NA	43	43	-
2	Preenchimento da ficha de NA	55	25	54
2	Coloca a NA no arquivo "Pendente"	45	45	-
2	Após receber ordens do supervisor consulta a ficha de NA com as indicações	56	56	-
2-3	Dirige-se ao(s) armazém(s)	119.6	119.6	-
3	Procura e recolha do material	53	53	-
2-4	Dirige-se ao equipamento onde efetua a reparação	131	131	-
4-5	Deslocamento ao gabinete do MAL e notifica o supervisor que a tarefa foi executada	97	97	-
		730.6	700.6	4

Como se pode observar, esta melhoria corresponde a uma redução de 54% do tempo despendido nestes sub-processos para o preenchimento da ficha de NA, no tempo total quando há deslocação ao(s) armazém(s) há uma redução de 4% e quando esta não é necessária há uma redução de 5%.

Os impactos qualificáveis estimados são resumidos na tabela 6.11.

**Tabela 6.11 Impactos da melhoria 1 proposta para o sub-processo de preenchimento da ficha de NA**

CARACTERÍSTICAS	IMPACTO
Tempo de Preenchimento da ficha	Passa para 134s, reduzindo-se em 96s relativamente à ficha antiga.
Fichas bem preenchidas	Espera-se que as fichas bem-preenchidas subam para os 80%
Acesso a informação fiável para estudos de fiabilidade	Devido ao aumento do número de fichas bem preenchidas, é possível obter um histórico fiável das avarias dos equipamentos.

### **Nota de Serviço/Nota de Avaria**

#### **1.Melhoria da comunicação entre a chefia e o responsável pela atividade de MC**

### Oportunidade de melhoria

A comunicação entre o executante e o responsável pela atividade de manutenção de correção é realizada através de fichas de nota de avaria e através do relatório semanal de cada interveniente. Estas formas de comunicação impõem barreiras uma vez que a comunicação é fechada apenas aos intervenientes da tarefa e é preciso estar constantemente a consultar ficheiros para ter certezas que o executante está a par da tarefa que lhe é atribuída.

### Desperdício

- i. Tempo de consulta de fichas de NA e relatórios semanais;
- ii. Falhas de comunicação entre executante da tarefa e supervisor.

### Proposta de melhoria

À semelhança da proposta do plano semanal, também se sugere a implementação de um quadro branco na sala de comando. Este quadro deve ter como acessórios três canetas: uma vermelha, uma amarela e uma verde. Estas cores correspondem à urgência da intervenção de MC, tendo cada a respetiva prioridade: alta, média e baixa.

Sempre que uma avaria é detetada deve ser colocada no quadro, escrita com a cor relativa à sua prioridade. A informação a registar deve ser: nome do equipamento, nome do responsável, nome do executante e data. A informação só é apagada quando a tarefa é dada como terminada.

Deste modo, apresenta-se de um modo visual e físico as tarefas que devem ser realizadas.

Esta melhoria traduz-se numa comunicação mais fluida e clara entre os responsáveis pela ação de MC e os executantes, permitindo o acesso à informação de MC em “tempo real”. Outro aspeto, é a responsabilidade sentida em ambos os lados, uma vez que os seus nomes são expostos num quadro, o que também facilita na memorização das tarefas e abre mais o diálogo entre ambas as partes. Este é essencial para evitar uma má interpretação das necessidades da atividade de manutenção.

## **2.Arrumação das fichas de NA/NS**

### Oportunidade de melhoria

As fichas NA/NS são guardadas na sala de comando numa pasta. A sua organização não segue nenhum critério, o que propulsiona um acesso às fichas confuso, e falta de noção dos trabalhos urgentes que estão em progresso, em lista de espera ou concluídos.

### Desperdício

- i. Tempo de consulta de fichas de NA e relatórios semanais;
- ii. Falhas de comunicação entre executante da tarefa e supervisor.

### Proposta de melhoria

É proposta a colocação de uma estante de arrumação das fichas na sala de comando. Esta estante deve conter 6 prateleiras, tipificadas na figura 6.8, com indicações da prioridade da NA/NS. Sugere-se a implementação de um controlo visual mediante a prioridade da ação de manutenção nas prateleiras:

as prateleiras de cima devem ter um autocolante vermelho, que indica prioridade alta, as do meio devem ter um autocolante amarelo, ou seja prioridade intermédia e nas últimas um autocolante verde referente a uma prioridade baixa. Deste modo, através de uma indicação visual simples, há um maior controlo das tarefas de manutenção em fila de espera, em progresso e os que têm prioridade.



**Figura 6.8 Melhoria de arrumação das fichas NA/NS**

O impacto estimado em termos qualificativos é resumido na tabela 6.12.

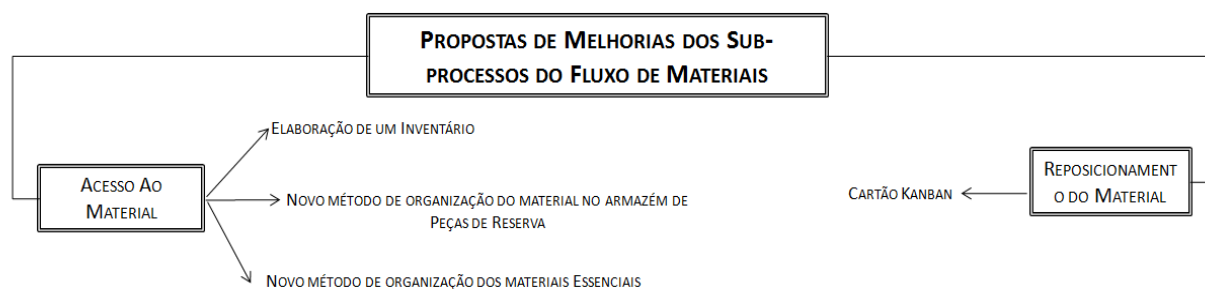
**Tabela 6.12 Impactos da melhoria 1 do sub-processo de preenchimento da ficha de NA**

CARACTERÍSTICA	MELHORIA
Procurar ficha de NS/NS	O novo método de arrumação facilita o encontro da ficha de NS/NS, diminuindo o tempo de procura/consulta
Gestão das atividades de manutenção	É possível analisar rapidamente quais as atividades em espera/progresso e qual a sua prioridade associada. Assim, a chefia pode agir no sentido de avançar com processos mais urgência.

### Fluxo de materiais

Nesta secção são desenvolvidas propostas de melhoria para os constrangimentos mencionados na etapa *define e analyse*, a figura 6.9 resume as propostas sugeridas para cada um dos sub-processos.

## Acesso ao Material



**Figura 6.9** Propostas de melhoria *lean* no fluxo de materiais

### **1.Elaboração de um inventário**

#### Oportunidade de melhoria


A ETAR da Mutela não dispõe de um inventário, uma lacuna com um impacto negativo na realização das atividades de manutenção e na gestão de *stocks*; os operários/técnicos de manutenção demoram mais tempo a encontrar o material o que atrasa a reparação do equipamento e dificulta a gestão dos materiais em *stock*. A junção destes fatores, diminui significativamente a disponibilidade dos equipamentos e consequentemente o bom funcionamento da ETAR.

#### Desperdícios

- i. Controlo e gestão de *stocks*;
- ii. Tempo despendido à procura de materiais.

#### Proposta de melhoria

Sugere-se a elaboração de um inventário dos materiais que se encontram em armazém, de modo a possibilitar uma pesquisa mais rápida e intuitiva. Esta ficha de inventário, figura 6.10, deve encontrar-se na sala de comando em vitrinas na entrada do armazém. Deste modo, garante-se que o interveniente não perde tempo à procura da localização do produto.

 <div>SMAS-MUNICÍPIO DE ALMADA SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE ÁGUA E SANEAMENTO DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS MAL-Manutenção Electromecânica-Planeamento, Programação e Assistência Técnica</div>			
Materiais			
Designação	Código	Local de Armazenamento	Localização

**Figura 6.10** Nova ficha de inventário

A localização deve fornecer informação da estante e prateleira onde se encontra o material. Sugere-se a atribuição de uma letra a cada estante e de um número a cada prateleira: a estante de entrada recebe a atribuição da letra A, a prateleira superior o número 1, o número 2 é dado à prateleira seguinte, seguindo-se a mesma lógica para as restantes prateleiras e estantes.

O impacto desta melhoria é uma redução do tempo de procura de material, uma gestão mais controlada dos materiais em *stock*. O que facilita o trabalho dos operadores/técnicos de manutenção, promovendo a sua motivação e eficiência.

## **2. Novo método de organização do armazém de peças de reserva**

### Oportunidade de melhoria

Os materiais são organizados nos armazéns por prateleiras, cada uma destinada ao tipo que pertencem (e.g. motores, válvulas), a sua identificação é feita com um autocolante com o nome do material. Deste modo, não se segue nenhum critério de prioridade de arrumação.

### Desperdícios

- iii. Tempo despendido a procurar localização do material;
- iv. Perda de tempo à espera de algum material que não esteja disponível em *stock* e seja necessário encomenda;
- v. Desorganização da gestão de *stocks*.

### Proposta de melhoria

Sugere-se a colocação dos materiais consoante o seu grau de utilização, dividindo-se em três níveis:

- i. Nível superior, aqui devem ser colocados os materiais que são frequentemente mais utilizados;
- ii. Níveis médios, aqui devem ser dispostos os materiais que são utilizados casualmente;
- iii. Níveis Inferior, aqui devem ser colocados os materiais que são utilizados com menos frequência.

Esta proposta visa a diminuição de desperdício de tempo à procura dos materiais o que promove uma realização mais eficaz e rápidas das tarefas de manutenção.

## **3. Novo método de organização do material no armazém de peças de reserva**

### Oportunidade de melhoria


Os caminhos no interior dos edifícios encontram-se obstruídos por materiais (e.g. mangueiras, carrinhos). Estes materiais não têm identificação relativa à sua localização. Assim, muitos dos materiais são arrumados no sítio errado, ou, muitas das vezes ignorados por falta de informação. Este cenário leva a que por falta de organização do local de trabalho haja desperdício de tempo (e.g. procura de materiais, movimentações) que conduzem a frustração e cansaço dos indivíduos e à possibilidade de ocorrência de acidentes de trabalho (e.g. tropeçar numa mangueira).

### Desperdício

- i. Organização no interior dos edifícios;
- ii. Ausência do material nos locais destinados à sua arrumação;
- iii. Procura de materiais.

### Proposta de melhoria

Com auxílio da ferramenta 5S, que promove a organização no local de trabalho, é sugerida uma proposta de melhoria que assenta no terceiro S, *seiton*, ordenar: pretende-se identificar todos os materiais com uma etiqueta relativa ao seu edifício de origem, deste modo facilmente se identifica um material que não pertence ao edifício e procede-se à sua arrumação. Sugere-se a atribuição das cores especificadas na figura 6.12. De modo, a que não se confunda a cor do edifício onde se está, é sugerida a colagem de um autocolante relativo à cor do edifício na sua porta.

Edifício	COR
Flutuador/ Espessor	Azul 
Cogeração	Vermelho 
Desidratação/Reagentes/Desodorização	Verde 
Obra de Entrada	Roxo 
Ultra Violetas e Câmara de Mistura e Floculação	Laranja 
Decantador Primário	Preto 
Compressores	Castanho 
Grupo Gerador	Rosa 
Câmara anti-espuma	Amarelo 

**Figura 6.11 Atribuição de cores a cada edifício**

Esta medida, torna o espaço de trabalho mais limpo, seguro, organizado e acolhedor. O que, se traduz no aumento da motivação para o trabalho, numa maior segurança e na diminuição de desperdícios de tempo dedicados à procura e arrumação de materiais.

### **Reposicionamento dos materiais**

#### **1. Cartão *kanban***

### Oportunidade de melhoria

A informação relativa ao material que sai do armazém de peças de reserva é apenas dada pelas fichas NA/NS e controlo de planos semanais. O que exige ao gabinete do MAL a análise de diversas fichas, tornado o aprovisionamento e gestão do *stock* uma tarefa demorada, difícil e débil, uma vez que está completamente dependente do bom preenchimento das fichas mencionadas anteriormente.

### Desperdício

- i. Tempo perdido à espera de material que tem que ser encomendado;
- ii. Gestão de *stocks*.

### Proposta de melhoria

É proposta a integração do cartão *kanban*, figura 6.12. O cartão contém a denominação do material, a data de entrada e a data de saída. Após a sua impressão a chefia deve anexar o cartão ao material correspondente.

Dominação Material

Data de entrada: dd/mm/aaaa

Data de saída: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

S M A S

**Figura 6.12 Cartão kanban**

O objetivo desta medida é em caso de necessidade de utilização do material o indivíduo retirar este cartão, preencher o campo relativo à data e colocar o cartão numa mica, localizada à entrada do armazém. A chefia, ao final do dia, recolhe os cartões e envia para o MAL, para que este “puxe” do armazém a quantidade corresponde aos artigos em falta.

Para o preenchimento da ficha, é sugerida a colocação de uma caneta fixa no início do armazém, deste modo evita-se desperdícios de tempo ou abandono do preenchimento do cartão *kanban* por falta de material.

Esta melhoria possibilita um controlo do *stock* dos armazéns com uma reduzida função de planeamento e expedição; uma vez que cabe a cada um dos trabalhadores o bom manuseamento dos cartões, e a chefia deve apenas controlar o sistema. Este método, utilizado a longo prazo, é também útil para uma análise futura; sendo possível saber o número de produtos usados num determinado período é possível prever os materiais que vão ser necessários.

Devido à alta responsabilidade do operador/técnicos de manutenção para o sucesso desta medida, é importante a sua boa formação no sentido de compreender a importância desta rotina para o bom funcionamento da ETAR e consequentemente melhor qualidade de trabalho para o indivíduo.



## 6.2 DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO SISTEMA INFORMÁTICO DE MANUTENÇÃO

No seguimento dos constrangimentos encontrados na fase *analyse e define*, conclui-se que o cerne de maioria dos problemas da ETAR da Mutela encontra-se na gestão da informação. Com o objetivo de a otimizar é sugerida uma melhoria a longo prazo um novo sistema de manutenção informatizado.

É importante destacar que os sistemas de informação detêm um papel fundamental na organização, são essenciais para o registo de informação das atividades realizadas, arquivando informação fundamental para o estudo e gestão de recursos e tarefas.

Um novo sistema informatizado, visa assegurar uma gestão facilitada e operativa da gestão da informação relativamente aos sistemas atuais, o informatizado -o SAP- e o sistema em suporte papel. Com a implementação desta proposta de melhoria, pretende-se eliminar/melhorar atividades e rotinas críticas do sistema, tais como:

- i. A organização encontra-se há um ano numa fase de adaptação ao sistema SAP. Os poucos registos efetuados neste sistema levam à conclusão que este se revela pouco aceite pelos responsáveis da manutenção do SMAS. Isto verifica-se devido à sua complexidade de utilização: os formulários são pouco intuitivos, apresentam campos desnecessários e de preenchimento complexo e o acesso aos comandos necessários é demorado;
- ii. Os arquivos de documentos na sala de comando raramente são consultados, devido à consulta da informação ser demorada e haver pouca informação fiável;
- iii. O arquivo em papel causa um grande cargo de trabalho para a chefia, que organiza os documentos em prol da gestão da informação de manutenção. No entanto, o retorno deste trabalho é pouco significativo: os dados das fichas bem preenchidas são insuficientes para qualquer análise e estudo de manutenção fiável;
- iv. A passagem das fichas nota/ordem de avaria, em papel, a pendente a concluído, não é realizada fluidamente, muitas das fichas são apenas dadas como concluídas no final do mês, o que impossibilita cálculos e inspeção fiável da ação de manutenção;
- v. O preenchimento da ficha ordem/nota é realizado por extenso, tornando o seu preenchimento confuso e demorado. Deste modo, maioria das fichas arquivadas na sala de comando estão incompletas, o que impossibilita qualquer análise de desempenho e fiabilidade do equipamento;
- vi. No caso de manutenção preventiva, o executante confirma que deu como terminada a tarefa na ficha de trabalho semanal. Isto torna a gestão e controlo das tarefas difícil e duvidoso;
- vii. A antiga ficha do equipamento detém informação associada às rotinas de MPS de um determinado equipamento e os seus dados. Os dados do equipamento são apresentados de forma detalhada, indicando informação irrelevante para o colaborador encarregue de desempenhar uma determinada atividade de manutenção preventiva. Deste modo, o acesso à informação necessária é confuso e difícil. O que, além de possibilitar situações de má leitura

da ficha, que se traduzem em atividades de manutenção preventiva sistemática mal realizadas, faz com que a consulta das fichas do equipamento seja evitada;

- viii. Os dados relativos às avarias e ações de manutenção não são fiáveis devido aos problemas referidos nos pontos i. e ii. e a outros que levam a uma gestão débil da informação. Assim, impossibilita-se a criação de um histórico seguro dos equipamentos. O sistema informatizado sugerido neste capítulo possibilita a obtenção de dados credíveis. Deste modo, é possível o cálculo de novos indicadores de manutenção essenciais para a implementação de novas rotinas de manutenção e a análise de causa e sintomas de modo a uma intervenção das avarias seguintes;
- ix. O *stock* dos materiais armazenados, não tem nenhum sistema de informação de apoio, o que causa problemas de excesso e falta de *stock*.

Sugere-se que o novo sistema seja desenvolvido na linguagem VBA, *Visual Basic for Applications*.

Seguindo os seguintes pilares de desenvolvimento:

- i. *Design* intuitivo;
- ii. Ligações entre páginas assinaladas de modo gráfico;
- iii. Coerência gráfica ao longo de todo o *design* do sistema informático de informação;
- iv. Integração em todas as páginas das opções: procurar, fechar e voltar à página anterior.
- v. Hierarquia das opções eficiente;
- vi. *Design* simples e consistente; com metáforas simples, familiares e lógicas;
- vii. Promoção do diálogo com o utilizador e vice-versa.

Na proposta apresentada, não se desenvolve a linguagem de código VBA, mas sim uma proposta gráfica e as folhas Excel associadas a esta. Estas folhas encontram-se operacionais para utilização imediata. Deste modo, esta proposta de melhoria desdobra-se em três utilizações possíveis:

- i. Alteração das fichas de Excel antigas pelas formuladas nesta proposta;
- ii. Associação das novas fichas de Excel ao sistema SAP, de modo a tornar o sistema mais homogêneo e simples;
- iii. Desenvolvimento de um novo sistema informatizado de gestão da informação de manutenção em VBA.

Todos os menus apresentam um *design* base idêntico: no cabeçalho, encontra-se a palavra “manutenção”, o botão de pesquisa, o de abandono do sistema e o de regresso à página anterior, metaforizados respetivamente: numa lupa, numa cruz e numa seta. Estas metáforas, são escolhidas devido à sua utilização comum em vários *softwares* e páginas da *web*, permitindo ao utilizador uma familiarização imediata com o sistema. No canto superior direito surge, após o *login*, o nome do utilizador. Este ponto é fulcral para que o utilizador sinta um acompanhamento personalizado por parte do sistema e também, controlo das suas ações, o que promove uma utilização mais séria e eficiente do sistema.

## Login

A cada interveniente da manutenção é-lhe atribuído um *login* e uma senha de acesso a este sistema. O *login* é composto pela inicial do apelido e o primeiro nome do usuário, sendo a *password* criada pelo próprio utilizador. Quando o utilizador acede ao sistema surge a janela da figura 6.13.



**Figura 6.13 Menu do *login***

## Menu Inicial

Após aceder ao *software*, surge o menu inicial, figura 6.14. Aqui, o utilizador tem duas opções de percurso: consulta do ano atual de manutenção ou consulta de outros anos. Ao escolher a segunda opção, sucede uma caixa de listagem, onde o utilizador pode escolher o ano que pretende consultar. Deste modo, é possível examinar o histórico de outros anos e planear a manutenção para os anos seguintes.



**Figura 6.14 Menu inicial**

## Menu Base Manutenção

Após o utilizador selecionar o ano que pretende consultar é apresentado o menu base da manutenção, figura 6.15. Neste encontram-se os botões indispensáveis para o bom planeamento e execução com sucesso dos planos de manutenção:

- i. Tipos de manutenção;
- ii. Histórico;
- iii. Equipamentos;
- iv. Mão-de-obra;

v. Materiais.



Figura 6.15 Menu base de manutenção

Menu Tipos de Manutenção

Ao selecionar o botão “tipos de manutenção” surge um menu com dois botões: “manutenção corretiva” e “manutenção preventiva”. Este menu pretende fazer uma gestão organizada e distinta de cada tipo de manutenção, sendo apresentadas para cada uma:

- i. Novas fichas de gestão das atividades de manutenção;
- ii. Melhoria na comunicação chefia e operador/técnico, através do envio de e-mails com informação relativa às notificações das fichas;
- iii. Organização rigorosa em pastas do tipo de fichas e do estado destas;
- iv. Passagem da informação para o operador/técnico, meramente necessária para este desempenhar a atividade de manutenção com sucesso.

Menu Manutenção Corretiva

O menu manutenção corretiva apresenta três botões: nota de avaria, nota de serviço, ficha de intervenção externa.

Nota de Avaria

Ao selecionar a nota de avaria, NA, é-lhe apresentada três escolhas possíveis: nova NA, NA pendentes e NA concluídos. A figura 6.16. apresenta o processo de gestão de notas de avaria.

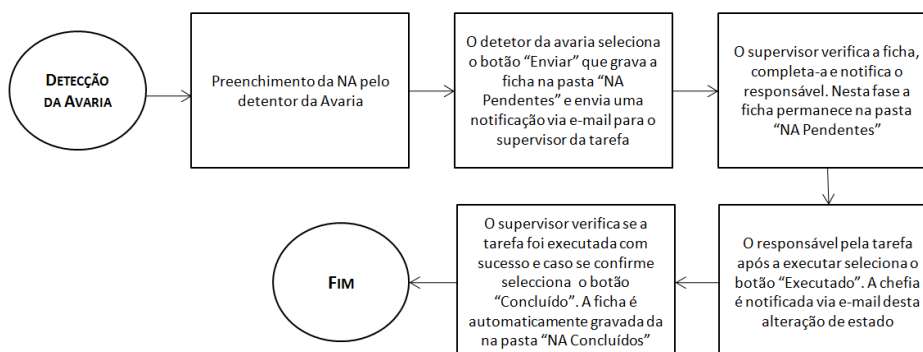


Figura 6.16 Proposta para o processo de fluxo de informação da NA

Ao selecionar a opção “nova NA” o sistema abre automaticamente uma ficha de NA em branco, figura 6.17.

No sentido de tornar o preenchimento da ficha mais rápido é formulada uma nova ficha em Excel. A ficha é semelhante à ficha apresenta no sub-capítulo 6.1 deste documento, diferenciando-se desta pela implementação de estruturas do Excel para o preenchimento rápido, recorrendo-se apenas ao cursor: existem caixas de combinação para que o utilizador apenas pressione o cursor para selecionar a opção correta, calendários e um relógio automático e listas com respostas possíveis em cada uma dos campos.


De modo a facilitar a gestão de *stocks*, a tabela dos materiais da ficha tem uma hiperligação com a tabela dos materiais do sistema, assim, retira automaticamente da lista dos materiais utilizados, e em caso de necessidade de novas matérias é enviado um aviso para a chefia da necessidade de aquisição de material.

No final da ficha encontram-se os botões: enviar, executado e concluído.

#### Nota de Serviço

Quando se acede à nota de serviço, surge um menu semelhante ao das notas de avaria com os respetivos botões: NS pendente, NS concluída, nova NS.

O processo de preenchimento, armazenamento e consulta da ficha de ordem é representado na figura 6.18.



**SMAS-MUNICÍPIO DE ALMADA**  
SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE ÁGUA E SANEAMENTO  
DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS  
MAL-Manutenção Electromecânica-Planeamento, Programação e Assistência Técnica

## Nota de Avaria

Nota nº		Emitida por:			Alta	Média	Baixa
		Aprovado por:			Prioridade		

### Data e Hora

	Dia	Hora		Dia	Hora
Quando detectou a avaria?			Reparação iniciada		
			Reparação finalizada a		

### Objeto de Avaria

Equipamento/Componente	Compressor Biogás
Localização	Tratamento Secundário
avariação em cadeia?	Sim

### Tipo de Avaria

Sintomas	
Inoperacional	<input type="checkbox"/>
Fraco Rendimento	<input type="checkbox"/>
Fuga	<input type="checkbox"/>
Vibração	<input type="checkbox"/>
Fatura	<input type="checkbox"/>
Ruído	<input type="checkbox"/>
Sobreaquecimento	<input type="checkbox"/>

### Intervenção

Ajustado/Afinado	<input type="checkbox"/>
Reparado	<input type="checkbox"/>
Lubricado	<input type="checkbox"/>
Substituído	<input type="checkbox"/>
Modificado	<input type="checkbox"/>
Limpo	<input type="checkbox"/>
Outro	<input type="checkbox"/>

### Material

Designação	Quantidade
	0
	0
	0
	0
	0
	0
	0
	0

### Sugestões

### Aprovação Técnica

	Sim	Não
Equipamento encontra-se em boas condições para desempenhar as suas funções	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Equipamento encontra-se dentro dos padrões de Higiene e Segurança	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

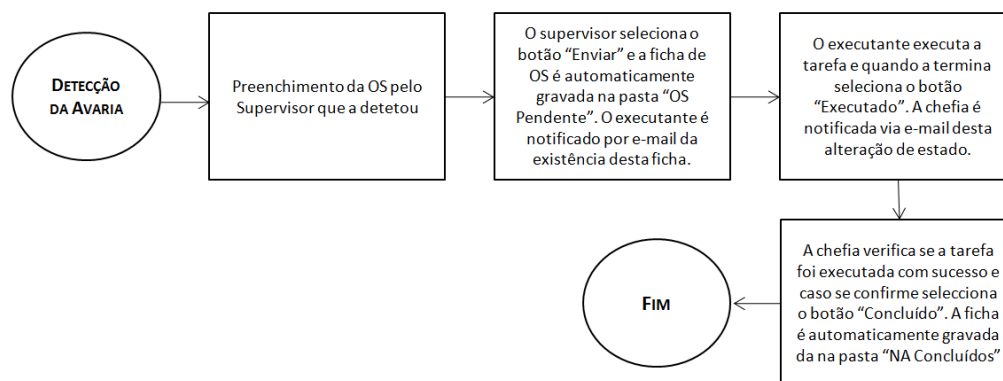
Aprovação Técnica

Enviar

Executado

Concluir

Figura 6.17 Proposta de uma nova ficha de NA em formato Excel



**Figura 6.18 Proposta do processo de fluxo de informação da NS**

A nova ficha de NS, analogamente à ficha de NA surge de uma adaptação da ficha criada no sub-capítulo 6.1 Esta ficha é idêntica à da NA.

#### Ficha Serviço Externo, SE

Em semelhança às notas de avaria e de ordens de serviço, no menu da ficha externa, são apresentadas três opções possíveis: nova ficha SE, fichas pendentes e fichas concluídas.

A primeira opção é utilizada quando os recursos internos são insuficientes para resolver uma avaria. Ao escolher essa opção é aberta uma ficha Excel, onde é apresentado um relatório para registo da informação respetiva a intervenções externas.

O acesso à criação desta ficha é restrito à chefia e à equipa do MAL.

Após o seu preenchimento, o utilizador selecciona o botão “enviar” que grava a ficha na pasta “ ficha IE pendentes” e envia um *e-mail* a relembrar o estado da ficha. Quando o equipamento é reparado, o responsável deve preencher o campo “aprovação técnica”, dando assim a atividade como encerrada.

Esta ficha, figura 6.19, é composta por 6 secções.

i. Cabeçalho;

Destina-se ao cadastro geral do responsável pela gestão do serviço externo efetuado, a identidade que o efetua e a prioridade deste serviço.

ii. Data e hora;

Contabiliza as horas despendidas pela entidade externa na reparação da avaria, bem como as horas que o equipamento permaneceu inativo.

iii. Objeto de avaria;

Destina-se ao registo de informação sobre o equipamento verificado.

iv. Serviços efetuados;

Descreve o procedimento efetuado pelo técnico solicitado.

v. Material;

A quinta secção consiste na apresentação de uma listagem dos materiais utilizados para a realização deste processo.

vi. Aprovação técnica.

A última secção, destina-se à verificação por parte da chefia ou de um elemento do gabinete do MAL do serviço efetuado.



 <b>SMAS-MUNICÍPIO DE ALMADA</b> SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE ÁGUA E SANEAMENTO DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS MAL-Manutenção Electromecânica-Planeamento, Programação e Assistência Técnica									
<b>Serviço Externo</b>									
Serviço nº			Emitida por			Prioridade	Alta	Média	Baixa
			Destinado a				<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<b>Data e Hora</b>									
Serviço Emitido a			Dia	Hora		Serviço iniciado		Dia	Hora
						Serviço Finalizado			
<b>Objeto de Avaria</b>									
Equipamento/Componente									
Localização									
Avaria em cadeia?									
<b>Serviços efetuados</b>									
Ajustado/Afinado			<input type="checkbox"/>						
Reparado			<input type="checkbox"/>						
Lubrificado			<input type="checkbox"/>						
Substituído			<input type="checkbox"/>						
Modificado			<input type="checkbox"/>						
Limpo			<input type="checkbox"/>						
Outro			<input type="checkbox"/>						
Horas de Trabalho									
<b>Material</b>									
Designação	Quantidade								
	0								
	0								
	0								
	0								
	0								
	0								
	0								
	0								
<b>Aprovação Técnica</b>									
						Sim	Não		
Equipamento encontra-se em boas condições para desempenhar as suas funções						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
Equipamento encontra-se dentro dos padrões de Higiene e Segurança						<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
						Aprovação Técnica			
Enviar			Executado			Concluir			

Figura 6.19 Proposta de uma nova ficha de SE em formato Excel



Após o preenchimento de todos os campos é selecionado o botão concluído que grava a ficha na pasta “fichas de serviço externo concluídas”.

### Menu Manutenção Preventiva

Este menu, além da supressão de documentos em papel, visa a criação de uma base de documentos que permita uma melhor gestão das ações de manutenção preventiva. O foco é a integração de todos os intervenientes no processo, permitindo o acesso aos planos e às fichas de manutenção preventiva a todos, o aviso atempado por *e-mail* das tarefas que devem ser realizadas e a notificação da chefia do estado da atividade.

Neste campo, é dado ao utilizador 2 opções de escolha, nomeadamente:

- i. Planeamento MP;

O botão planeamento de MP redireciona o utilizador para uma nova janela. Nesta janela encontram-se 3 botões: plano anual, plano mensal e plano semanal.


Ao selecionar o plano anual abre-se automaticamente uma janela Excel com o plano anual. Este plano, detém a mesma informação que o plano antigo, no entanto o *design* foi alterado de modo a estar em coerência com as restantes fichas e com o *design* do sistema proposto.

O plano mensal, figura 6.20, apresenta uma tabela dinâmica, interligada com o plano anual. Nesta tabela o utilizador pode consultar as tarefas que lhe cabem ou as que é responsável e assinalar as tarefas que concluiu. Para este efeito é adicionada a coluna “verificado pelo executante” e “executado”. Que são preenchidas com um *check* quando o executante toma conhecimento da ordem de trabalho e quando este a finaliza. Deste modo, a chefia garante que executante está a receber a informação e a executou.

O plano diário, figura 6.21, é formado por uma tabela dinâmica, que é atualizada consoante a semana que se deseja visualizar e o dia da semana: para este efeito existem duas caixas de combinação, uma respetiva à semana do ano e outra ao dia da semana. Após selecionar as opções pretendidas, através de ligações com as tabelas anteriores, as tabelas aparecem preenchidas automaticamente. À semelhança do plano mensal este apresenta colunas para o executante referir se a tarefa foi executada ou não.

De modo a evitar falhas de comunicação, no dia anterior à atividade de manutenção, o sistema envia um *e-mail* ao executante e ao responsável a lembrar a calendarização da atividade.

[illegible]



SMAS-MUNICÍPIO DE ALMADA

SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE ÁGUA E SANEAMENTO

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

MAL-Manutenção Electromecânica-Planeamento, Programação e Assistência Técnica

### Plano Diário MP

Semana

2

Segunda-Feira

Equipamento	Localização	Executante	Material	Tempo Previsto	Verificado pelo Executante	Executada
					<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Descrição Tarefa

Enviar

Concluir



Quando o operador finaliza o preenchimento da ficha, seleciona o botão “enviar”, que automaticamente salva o documento na pasta “tarefas MPS pendentes”, e envia um *e-mail* para o responsável a lembrar que este deve verificar o preenchimento da ficha. Quando a chefia verifica a ficha, seleciona o botão “concluir” que salva a ficha na pasta de “MP finalizadas”.


 <b>SMAS-MUNICÍPIO DE ALMADA</b> SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE ÁGUA E SANEAMENTO DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS MAL-Manutenção Electromecânica-Planeamento, Programação e Assistência Técnica			
<b>Ficha MPS</b>			
Ficha nº	<input type="text"/>	Emitida por:	<input type="text"/>
		Aprovado por:	<input type="text"/>
<b>Tarefa</b>			
Tipo MP	<input type="text"/>		
Equipamento	<input type="text"/>		
Localização	<input type="text"/>		
Tarefa	<input type="text"/>		
Quando efectuou a tarefa?		Dia	Hora
<b>Sugestões</b>			
<input type="text"/>			
<input type="text"/>			
<b>Aprovação Técnica</b>			
		Sim	Não
Equipamento encontra-se em boas condições para desempenhar as suas funções	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Equipamento encontra-se dentro dos padrões de Higiene e Segurança	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Aprovação Técnica	<input type="text"/>
<input type="button" value="Enviar"/> <input type="button" value="Concluir"/>			

Figura 6.22 Proposta de uma nova ficha de MPS em formato excel

### Fichas MPC

Analogamente às fichas MPS, existem as fichas MPC. Este menu dispõe exatamente as mesmas possibilidades que nas fichas MPS e passam por um processo idêntico.

Além da identificação dos intervenientes e equipamento, a ficha, figura 6.23, tem campos para os preenchimentos dos dados extraídos na revisão dos equipamentos.


 <b>SMAS MUNICÍPIO DE ALMADA</b> SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE ÁGUA E SANEAMENTO DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS MAL-Manutenção Electromecânica-Planeamento, Programação e Assistência Técnica			
<b>Ficha MPC</b>			
Ficha nº		Emitida por:	
		Aprovado por:	
<b>Tarefa</b>			
Equipamento			
Localização			
Temp. (Cº)		Outros	
Motor		Frequência(Hz)	
Rodotor		RPM	
Variador de Vel.		Corrente Eléctrica(A)	
Quando efectuou a tarefa?	Dia	Hora	
	06/12/2014		
<b>Sugestões</b>			
<b>Aprovação Técnica</b>			
		Sim	Não
Equipamento encontra-se em boas condições para desempenhar as suas funções		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Equipamento encontra-se dentro dos padrões de Higiene e Segurança		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		Aprovação Técnica	
Enviar		Executado	
		Concluir	

Figura 6.23 Proposta de uma nova ficha de MPC em formato Excel

### Menu histórico

Ao seleccionar o botão histórico o utilizador é reencaminhado para uma folha do Excel relativa ao histórico de manutenções, figura 6.24. Os campos do histórico devem ser preenchidos sempre que uma ficha de atividade de manutenção é arquivada na pasta dos concluídos. De modo a que o responsável pelo preenchimento do histórico efetue este trabalho, é enviado um *e-mail* para a identidade que verificou a ordem ou nota de avaria, no sentido de o lembrar e incentivar a efetuar o preenchimento do histórico.

O histórico conta com os seguintes campos:

- i. Número de avaria;
- ii. Data;
- iii. Equipamento;
- iv. Tipo de manutenção;
- v. Causa;
- vi. TTR(h);
- vii. TTF(h);
- viii. Eficiência.



A análise cuidadosa destes indicadores permite melhorar as ações de manutenção corretiva por equipamento.

[illegible]


## Equipamentos

121



Figura 6.25 Menu do equipamento

Um clique no botão “ficha” abre automaticamente a janela com a ficha do equipamento, figura 6.26.



**SMAS-MUNICÍPIO DE ALMADA**  
SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE ÁGUA E SANEAMENTO  
DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS  
**MAL-Manutenção Electromecânica-Planeamento, Programação e Assistência Técnica**

### Ficha do Equipamento

Fotografia

Localização	
Equipamento	
Modelo	
Número de Série	
Ano	

Especificações

Enviar

Concluir

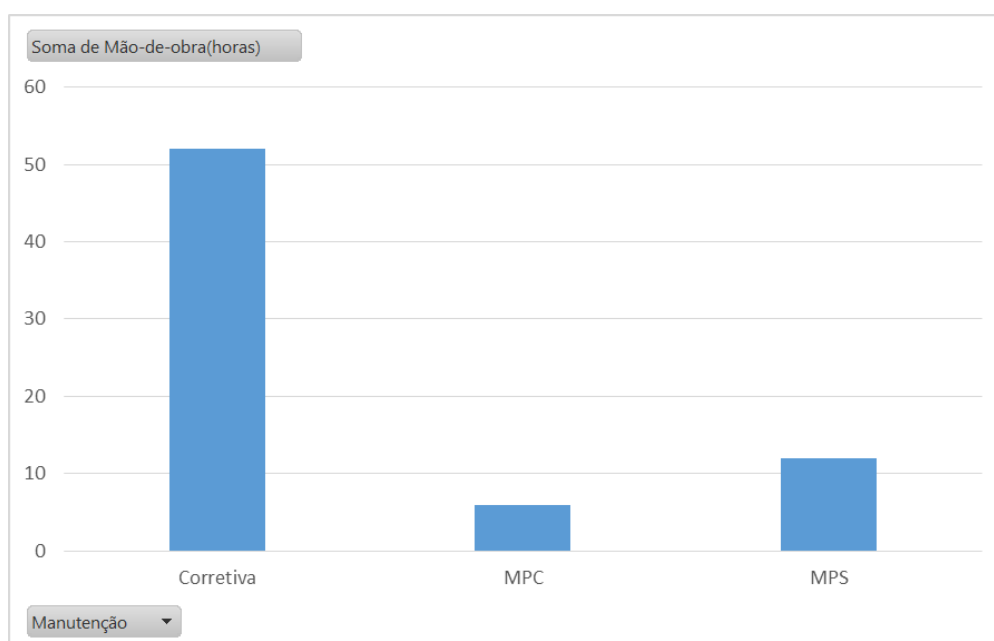
Figura 6.26 Proposta de nova ficha de equipamento em formato Excel

### Mão-de-obra

No menu base de manutenção, se o utilizador optar pela opção mão-de-obra, entra numa folha de cálculo Excel, figura 6.27. Esta folha, é direccionada para cálculos de custos dos trabalhadores residentes e contratos com identidades exteriores. Também, serve para análises da mão-de-obra.

A ficha é preenchida através das fichas de NS, NA e fichas de manutenção, extraíndo os campos: data, número da ficha, tipo de manutenção, equipamento, localização e horas de mão-de-obra. Os campos do custo médio de mão-de-obra são preenchidos automaticamente quando se trata de uma NS, NA,

Surge também um gráfico, figura 6.28, este é gerado automaticamente através dos dados: tipo manutenção do equipamento e horas de mão-de-obra. Os valores do gráfico apresentado são apenas um exemplo.

[illegible]

**Figura 6.28 Exemplo do gráfico de mão-de-obra tipo de manutenção**



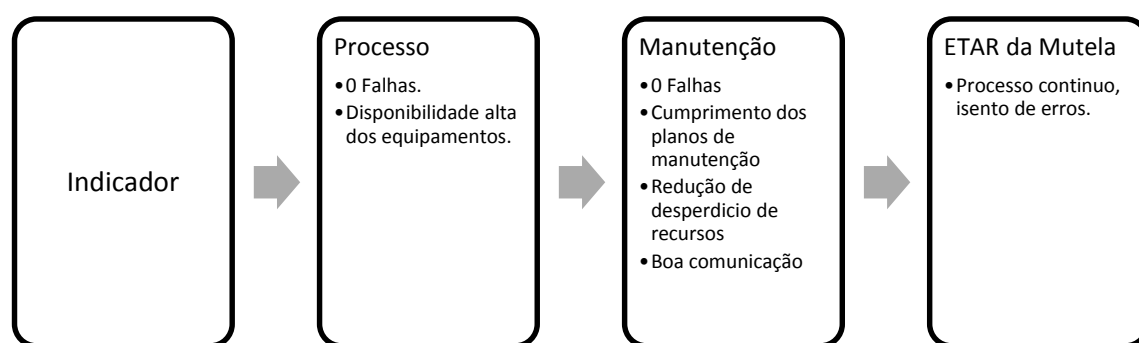


## 6.3 PROPOSTA DE NOVOS INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Nesta secção são preconizados indicadores de manutenção para a ETAR da Mutela. Os indicadores apresentados são dinâmicos, apelativos e integráveis representando um benefício para a ETAR. Estes auxiliam a chefia na tomada de decisão ao nível da gestão de tarefas de manutenção e de recursos. Assim, realizam uma condução eficiente e eficaz da gestão da manutenção, de modo a promover a melhoria contínua.

Com a adoção dos indicadores propostos, pretende-se auxiliar o gabinete do MAL a responder à questão “Podemos fazer melhor? O que?”.

A formação de indicadores visa a análise de fiabilidade da ETAR da Mutela. As métricas desenvolvidas são direccionadas para a tomada de decisão no sentido de eliminação de erros, de processos defeituosos e melhorias na intervenção de manutenção. Assim, a adoção destes indicadores apresenta influência no processo de tratamento de águas, na manutenção e consequentemente no funcionamento geral da ETAR da Mutela, figura 6.30.



**Figura 6.30 Impacto dos Indicadores na ETAR da Mutela**

O cálculo de cada indicador procede de uma análise cautelosa, onde o MAL deve realizar uma confrontação pragmática dos resultados alcançados, uma avaliação das tendências e antecipação de ocorrências. A tabela 6.13 apresenta os indicadores formulados neste capítulo.

**Tabela 6.13 Proposta de Indicadores para a ETAR da Mutela**

NÚMERO	INDICADOR	SÍMBOLO
I1	Taxa de avarias	$\Lambda$
I2	Tempo de Bom Funcionamento	TBF
I3	Tempo Médio de Reparação	TMR
I4	Tempo de Espera	TE
I5	Disponibilidade	D
I6	Índice Planeamento	IP
I7	Atraso na Manutenção Corretiva	AMC
I8	Atraso na Manutenção Preventiva	AMP
I9	Tempo de Manutenção Corretiva	TMC
I10	Tempo de Manutenção Preventiva	TMP
I11	Índice de Substituição	IS

#### Taxa de Avarias, $\lambda$

A taxa de avarias, exprime o número de avarias por dias de funcionamento, é dada pela equação 6.1.

$$\lambda = \frac{Nav}{\text{número de dias no período}} \quad \text{Equação 6.1}$$

O objetivo deste índice é avaliar a taxa de avarias ao longo dos anos ou meses, possibilitando uma análise do estado geral dos equipamentos da ETAR da Mutela e da eficácia do plano de manutenção. A figura 6.31, apresenta as decisões sugeridas durante a avaliação do valor de  $\lambda$ .

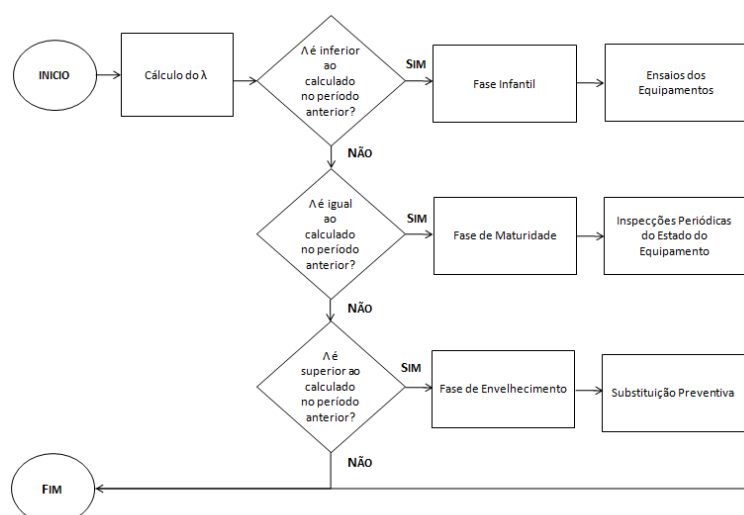


Figura 6.31 Processo de análise do índice de taxa de avaria

De modo a facilitar a análise de  $\lambda$  criou-se uma folha Excel. Esta folha dispõe de uma tabela, onde, quando é inserido o número de avarias do mês calcula  $\lambda$ , após o cálculo de  $\lambda$  constrói automaticamente a curva da banheira para o período em análise. Do lado direito, encontra-se uma célula onde a partir de uma caixa automática o utilizador escolhe o mês que pretende analisar e automaticamente aparece-lhe a tomada de decisão recomendada para a situação. A figura 6.32, apresenta um exemplo meramente explicativo, onde os dados não são reais, da curva da banheira para o compressor de biogás.

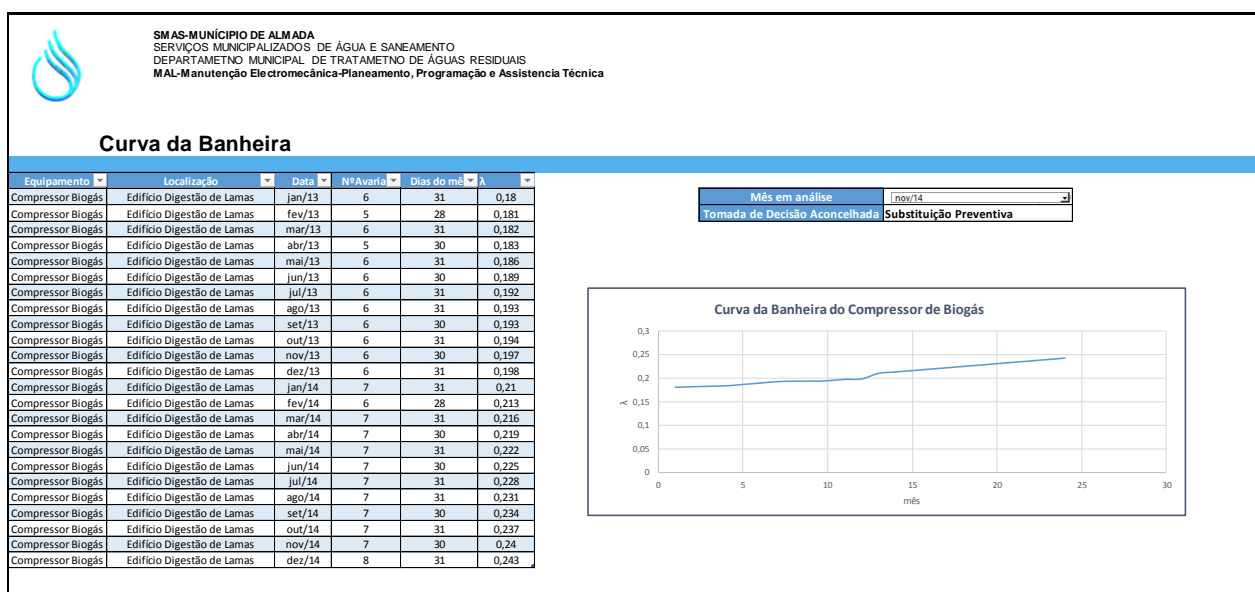


Figura 6.18 Cálculo da curva da banheira

Assim, é possível tomar decisões a nível de gestão do equipamento recorrendo apenas a um método visual, o que torna a análise menos exaustiva, com menos probabilidades de erros e mais eficaz.

#### Tempo de Bom Funcionamento, TBF

Descreve o tempo médio de bom funcionamento, ou seja tempo decorrente entre o estado de funcionamento e uma avaria. Deste modo o TBF avalia a fiabilidade do equipamento, isto é a aptidão de funcionamento durante um determinado período de tempo. Este índice quando comparado com o valor de outros anos/meses facilita a análise das horas de funcionamento do equipamento: se este se encontra em decaimento, e em caso de ser acentuado, deve-se analisar as causas subjacentes. Estas causas podem ter origem no estado do próprio equipamento (e.g. desgaste), na disponibilidade do operador/técnico de manutenção e na eficácia da própria manutenção.

Seguidamente, apresenta-se a equação 6.2, que deve ser utilizada para o cálculo deste indicador.

$$TBF = \frac{\text{data atual} - \text{tempo da 1ª avaria} - \sum \text{tempo paragens}}{\text{número de paragens do equipamento}} \quad \text{Equação 6.2}$$

Onde o denominador apresenta o cálculo do tempo de funcionamento do equipamento.

Toda a informação necessária para este cálculo encontra-se registada nas fichas de nota de avaria e nota de serviço. Sendo o número de paragens do equipamento obtido pelo número de fichas de nota de avaria.

#### Tempo Médio de Reparação, TMR

Descreve o tempo médio necessário para reparar uma avaria.

A equação 6.3 apresenta o cálculo necessário para este indicador. Onde o denominador apresenta o cálculo da soma do tempo de reparações.

$$TMR = \frac{\sum (\text{data de emissão da NA|NS} - \text{data de conclusão da NA|NS})}{NA} \quad \text{Equação 6.3}$$

O TMR facilita a análise do tempo de reparações de atividades de manutenção corretiva, deste modo avalia-se a rapidez da intervenção. Uma forma interessante de o utilizar é calcular o tempo de reparações para avarias de grau de urgência 1, 2 e 3 e comparar estes resultados. De forma, a compreender se de facto as avarias com grau de urgência 1 são solucionadas com mais rapidez.

Em caso de o TMR ser superior ao calculado no mês/ano anterior, deve-se proceder a uma análise cautelosa das possíveis causas. Assim, sugere-se que a ETAR da Mutela avalie o método de deteção de avaria, de reparação, reporte a disponibilidade dos materiais essenciais para efetuar as atividades de manutenção e avalie formação e motivação dos técnicos de manutenção.

### Tempo de Espera, TE

O tempo de espera, TE, equação 6.3, fornece o tempo médio de espera de intervenção em situações de avaria. Relevando-se bastante útil para a avaliação do tempo de serviço de manutenção da ETAR da Mutela perante situações de avaria.

$$TE = \frac{\text{data de emissão da OS|NA} - \text{data de início da OS|NA}}{NA} \quad \text{Equação 6.4}$$

Onde o denominador apresenta o tempo de espera pela intervenção.

Se o tempo de espera aumentar, deve-se proceder à análise da origem do problema. Procurando responder às seguintes questões:

- i. Há “pessoal” suficiente para apoiar as atividades de manutenção corretiva?
- ii. A gestão da informação é eficiente?

### Disponibilidade, D

A disponibilidade de um equipamento é dada pela competência deste desempenhar as funções que lhe foram projetadas num dado instante, ou seja, o tempo durante o qual determinado equipamento estará disponível para operar. A melhoria continua deste parâmetro deve ser um objetivo principal da ETAR da Mutela.

Este índice é calculado pela razão entre o tempo de bom funcionamento do equipamento e o tempo total, equação 6.5.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{TF}{TD} \quad \text{Equação 6.5}$$

Onde, o tempo disponível é dado pela soma do tempo de espera, o tempo médio de reparação e o tempo de bom funcionamento, equação 6.6.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{TF}{TE + TMR + TBF} \quad \text{Equação 6.6}$$

O objetivo deste indicador é o estudo da eficiência do equipamento, respondendo à questão “Do tempo disponível qual é efetivamente produtivo?”. Deste modo, é possível contabilizar o tempo perdido em paragens e efetuar um melhor planeamento operacional do equipamento.

Em caso da disponibilidade apresentar um valor muito baixo, deve-se inicialmente avaliar o plano de funcionamento das máquinas, no sentido de compreender se de facto o tempo de funcionamento é o

tempo ótimo de tempo que os equipamentos devem funcionar. De seguida, deve-se analisar o número de avarias e a sua relação com o não cumprimento do plano de manutenção preventiva.

#### Índice de Planeamento, IP

O objetivo do índice, IP, equação 6.7, é possibilitar a análise das horas.homem de manutenção que os trabalhadores têm que se submeter além das horas programadas. Este índice auxilia na contabilização dos recursos humanos realmente necessários para o bom funcionamento da ETAR da Mutela.

$$IP = \frac{h. H \text{ manutenção planeada}}{h. H \text{ totais}} \quad \text{Equação 6.7}$$

Este indicador avalia o planeamento da manutenção. Respondendo às questões “ Há recursos disponíveis?” “ O nível de resposta às ordens de manutenção é aceitável?”.

#### Atraso de Manutenção Corretiva, AMC

O atraso na manutenção corretiva, equação 6.8, avalia a agilidade de intervenção e o cumprimento do plano de manutenção corretiva.

$$AMC = \text{data de início da MC} - \text{data prevista da MC} \quad \text{Equação 6.8}$$

Este índice possibilita a avaliação do tempo de atraso, e em caso de apresentar um valor elevado o estudo das possíveis causas, no sentido de as eliminar/reduzir. No cerne deste atraso podem estar causas ligadas com a comunicação, gestão de recursos humanos e materiais e planeamento da manutenção.

#### Atraso de Manutenção Preventiva, AMP

Apresenta um objetivo análogo ao de AMC, no entanto aplicado à manutenção preventiva e é dado pela equação 6.9.

$$AMP = \text{data de início da MP} - \text{data prevista da MP} \quad \text{Equação 6.9}$$

#### Tempo de Manutenção Corretiva, TMC

Como foi referido, a manutenção não programada sobrepõem-se à programada, sendo maioria das intervenções de manutenção corretiva não programadas antecipadamente. O cálculo e análise do índice de TMC dissemina a consciencialização desta situação. Este é calculado pelo quociente entre o tempo total gasto em tarefas de manutenção corretiva pelo tempo total gasto em todas as tarefas de manutenção, equação 6.10. Se este apresentar um valor superior a 0.5, significa que mais de metade

do tempo gasto em tarefas de manutenção é utilizado na manutenção corretiva, se este cenário se verificar a ETAR da Mutela deve verificar as possíveis causas e aplicadas medidas para que o tempo utilizado em manutenção corretiva decresça.

$$TMC = \frac{MC}{MT}$$

Equação 6.10

#### Tempo de manutenção preventiva ,TMP

Este índice, equação 6.11, é análogo ao anterior, no entanto é aplicado à manutenção corretiva. Deve-se portanto, para um determinado período de tempo comparar ambos e calcular a discrepância entre o índice anterior e este.

$$TMP = \frac{MP}{MT}$$

Equação 6.11

#### Índice de Substituição, IS

Este índice responde à questão “É viável recorrer à manutenção?”. O seu cálculo é dado pela razão entre os custos de substituição do equipamento e os custos de manutenção, equação 6.12.

$$IS = \frac{\text{custos de manutenção}}{\text{custos de substituição do equipamento}}$$

Equação 6.12

Assim, sempre que os custos de manutenção atinjam valores que excedam o custo de a sua substituição por novo equipamento deve-se proceder à substituição.





# 7 CONCLUSÕES

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões obtidas no desenvolvimento deste trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

O trabalho aqui apresentado teve como objetivo principal a definição de índices de avaliação da performance da manutenção. De forma a atingir este objetivo a existência de um histórico de dados de manutenção organizado e completo da ETAR da Mutela era uma condição imprescindível. Durante a análise da gestão da documentação de manutenção existente concluiu-se que seria essencial proceder a uma revisão substancial dos vários processos de manutenção, de modo a que a ETAR conseguisse construir um histórico fiável das suas atividades de manutenção.

Assim foram inicialmente revistas as atividades de manutenção e foi elaborada uma proposta para aplicação de ferramentas *lean*. Nesta etapa a técnica utilizada para o estudo e análise dos desperdícios observados nos processos de manutenção foi a DMAIC. O princípio desta metodologia é a deteção dos fluxos mais significativos para o bom funcionamento da manutenção na organização. No caso de estudo, os fluxos identificados como mais relevantes para os processos foram o fluxo de informação e o fluxo de materiais. Numa segunda etapa estes processos foram subdivididos em sub-processos, com o intuito de facilitar a identificação dos parâmetros com mais expressão nos desperdícios geral dos processos.

Analisando os fluxos identificados em mais detalhe, verificou-se a necessidade de reformular a maioria dos sub-processos, a nível de documentação, organização, *layout* e estrutura. Assim, foi elaborada uma nova documentação de gestão de informação com o intuito de substituir a anterior. Deste modo, é esperado um aumento da taxa de bom preenchimento das fichas e consulta das fichas e ainda uma diminuição do tempo de preenchimento e acesso. Do ponto vista estrutural, foram propostas melhorias práticas de disposição da documentação que visam uma melhor comunicação entre os intervenientes bem como a redução de deslocações e a perda de informação. No final deste estudo apresentaram-se propostas de melhoria, com a pretensão da redução ou mesmo eliminação dos desperdícios levantados.

Seguidamente foi proposto um novo sistema de informação de manutenção. A ideia surgiu do estudo da gestão da documentação da ETAR da Mutela, onde se conclui que tanto o sistema em papel como o informático, SAP, apresentavam taxas de utilização muito baixas e as funcionalidades não adequadas às necessidades da ETAR da Mutela. O sistema informático sugerido revelou-se mais coerente em relação às necessidades da ETAR: facilitando a gestão de recursos-humanos, materiais e tarefas. O sistema apresentado arquiva toda a informação relativa às atividade de manutenção, promove pela sua simplicidade a taxa de utilização e partilha de informação entre os utilizadores o que diminui as falhas de comunicação. Com a utilização do histórico é possível calcular os valores dos indicadores de

performance de manutenção e realizar estudos futuros para a tomada de decisão de gestão da manutenção, de modo a torna-la mais eficaz e a reduzir os custos associados.

Por último, foram propostos indicadores de manutenção que visam a análise contínua do estado dos equipamentos e da gestão da manutenção. Os indicadores sugeridos fornecem informação fundamental para a tomada de decisão na área de intervenções futuras nos equipamentos e alterações no plano de gestão da manutenção, bem como a perceção do impacto das medidas tomadas. Estes indicadores são calculados a partir do histórico de informação conseguido através das implementações sugeridas anteriormente.

Em conclusão, as propostas apresentadas neste trabalho tiveram como objetivo um acompanhamento do desempenho das atividades de manutenção através de uma gestão organizada da informação e das atividades de manutenção, promovendo assim a eficiência na realização das atividades de manutenção e a comunicação entre todos os intervenientes, tornando assim possível analisar os valores dos indicadores e tomar decisões que promovam uma melhoria contínua. Estas medidas visam uma melhor gestão de recursos, a promoção da manutenção preventiva, o aumento da motivação dos intervenientes e a redução de custos.

### **Propostas para trabalhos futuros**

As propostas sugeridas para o futuro passam pelo desenvolvimento integral do novo sistema de informação em linguagem VBA.

Após a implementação e estudo dos indicadores sugeridos, será possível e importante fazer-se uma análise estatística do histórico de avarias, com o objetivo de realizar uma revisão das rotinas de manutenção dos equipamentos baseada nos valores obtidos.

# BIBLIOGRAFIA

- [1]Collante J., Collante Y. Enfoque em la gestión de Mantenimiento basado em la confiabilidad para suportar la crisis internacional. IX Congresso Iberoamericano de engenharia mecânica, 2009.
- [2]Santos, A.,Tavares, L. Mapeamento das atividades e falhas humanas na logístca de paradas de Manutenção. X congresso Ibero-Americiano de Engenharia Mecânica, 2011.
- [3]Ferreira, A.Tibologia e Manutenção: a necessidade e a importância da sua interligação. VI Congresso Ibero-Americano de Engenharia Mecânica, 2003.
- [4]Márquez, A. C. The Maintenance Management Framework: Models and Methods for Complex Systems Maintenance.Springer press: 2ªed. 2007.
- [5]Cabral, J.Organização e Gestão da Manutenção. Lidel, 2ªed. 2006
- [6]Pinto. C. “ Organização e Gestão da Manutenção”. Monitor, 1ªed. 1999.
- [7]Pinto, V. M. (Gestão da Manutenção, Editora ELO – Publicidade, Artes Gráficas, LDA, 2ªed. 1994.
- [8]Farinha. J. Manutenção- a terologia e novas ferramentas de Gestão. MONITOR, 1ª ed. 2011.
- [9]Nakagawa, T. Maintenance Theory of Reliability. Springer, 1ª ed. 2005.
- [10]EN 13306:2001, Maintenance Terminology. European Standard. CEN (European Committee for Standardization). Brussels. 2001.
- [11]Costa. A. “Gestão e Manutenção de equipamentos- uma abordagem feita da experiência em ambiente portuário”. APDL ,1ªed. 2005.
- [12]Baets, H.. Je Maintiendrai- I will Maintain. Maintworld, pag. 5; Vol.5 . 2013.
- [13]Moubray, J. Reliability-centred maintenance..ElsevierButterworth-Heinemann, RCM II Reliability-centred maintenance.Springer: 2ª ed. 1997.
- [14]Wang, H and Pham, H. “Reliability and Optimal Maintenance”. Springer press,1ª ed. 2006.
- [15]Cabral, J.Gestão da Manutenção de equipamentos, instalações e Edifícios.Lidel, 1ªed. 2003.
- [16]Pinto,C. Organização e Gestão da Manutenção. Monitor, 1ªed. 2009.
- [17]Carazas G., Douza, G.F. Identificación de comopnentes círticos en sistema de generación de energía Eléctrica, aplicación de un método basado en RCM. IX Congresso Iberoamericano de engenharia mecânica, 2009.
- [18]Smith, E. Preventive Maitenance Principles SPL 7.2MIT, *Lean/six Sigma systemss*”2004 MIT Leaders for Manufacturing Program. (disponível em: [http://ocw.mit.edu/courses/engineering-systems-division/esd-60-lean-six-sigma-processes-summer-2004/lecture-notes/9\\_3product\\_level.pdf](http://ocw.mit.edu/courses/engineering-systems-division/esd-60-lean-six-sigma-processes-summer-2004/lecture-notes/9_3product_level.pdf))
- [19] R.Jones, “Computer-aidede maintenance management systems”, Computing & Control. Engineering Journal. VOL.4, nr.4, pp. 189-392,1994.
- [20]T.Wireman, Computerized maintenance management systems. Industrial Press Inc., 2ªed.,1994.

- [21]Julião, J., Greenought. R.Gestão de informação sobre falhas: caracterização da situação actual. VI congresso Ibero-Americano de Engenharia Mecânica- CIBEM6.2009.
- [22]Dhillon, B. S ,Engineering Maintenance. CRC Press, 1ªed. 2002.
- [23]Lynch, H., Horton, S. Web Sytle Guide. Yale University Press, 3ªed. 2008.
- [24] Wukte,R., Sellito, M. . Avaliability and position in bath-tube curve calculation of a petrochenial process value. Universidade do Vale do rio dos Sinos – Unisonos,1ªed. 2008.
- [25] Mills S. Understanding Maintenance Key Performance Indicators. AV techonology LDA. M 2010.( disponível em :[http://www.avtechnology.co.uk/technical\\_files/tech\\_article\\_109.pdf](http://www.avtechnology.co.uk/technical_files/tech_article_109.pdf))
- [26]U.Kumar, D.galar, A.parida, C.Stenstrom, L.Berges. Maitenance Performance Metrics: A tate of the Art Review. Division of Operatoin and Maitenance Engineering: Lulea University of Techonology. Lulea. 2010 (disponível em: <http://pure.ltu.se/portal/files/34616928/Article.pdf>)
- [27]Sondalini M. Useful Key Performance Indicator for Maintenance. Lifetime Reliabitily Solutions, 2010 (disponível em: [http://www.lifetime-reliability.com/free-articles/maintenance management/ Useful\\_Key\\_Performance\\_Indicators\\_for\\_Maintenance.pdf](http://www.lifetime-reliability.com/free-articles/maintenance%20management/Useful_Key_Performance_Indicators_for_Maintenance.pdf))
- [28]<http://mail.asq.org/quality-progress/2002/02/one-good-idea/eight-steps-to-a-new-performance-measurement-system.html> (consultado em 07/2014)
- [29]Ahire, C. P., & Relkar, A. S.Correlating Failure Mode Effect Analysis (FMEA) & Overall Equipment Effectiveness (OEE). Procedia Engineering, 38, 3482–3486, 2012.
- [30]Toledo, C.; AMARAL, D. C. FMEA – Análise do tipo e efeito de falha. São Carlos: GEPEQ/UFSCar. 2008.
- [31]Baluch N., Abdullah C., Shahimi M. TPM and *Lean* Maitenance- A critical reviw. Interdisciplnary, jounal of contemporary reserah in business. Vol 4, nº 2. Junho 2002.
- [32][http://www.reliabilityweb.com/excerpts/excerpts/lean\\_planning\\_and\\_scheduling.pdf](http://www.reliabilityweb.com/excerpts/excerpts/lean_planning_and_scheduling.pdf)(consultado em 07/2014)
- [33]Pinto, C. Repensar a função Manutenção focando-se no pensamento *Lean*. Comunidade *Lean* Thinking. XV. Edição Porto, 1ªed. 2012.
- [34]Ablanedo R., Alidaee, B., Moreno, J. C., Urbina, J. Quality improvement supported by the 5S, an empirical case study of Mexican organizations. International Journal of Production, Volume 48:23. 2012.
- [35]Smith R., Bruce H.*Lean* Maintenance. Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share.Oxford, 1ª ed. 2004.
- [36] McCarthy D., Rick N.. *LEAN* TPM. A blueprint for change. Hamesing *Lean* Thinking in Total Produtive Maintenance. Oxford, 1ªed. 2004.
- [37] Chonberger J., Richard J. Japanese production management: an evolution with mixed success Amesterdão: Elsevier B.V. 2006.
- [38]Acoboson J., Gregory H. - Kaizen: a method of process improvement in the emergency department. Des Plaines: Society for Academic Emergency Medicine. 2009.
- [39] Liker K., Womack P.. Becoming *Lean*. Library of Congress Cataloging, New York. 2004.

- [40]STYHRE, A.,Kaizen, ethics, and care of the operations: management after empowerment . John Wiley & Sons, 1ªed. 2001.
- [41]Smith R., Hawkins B.. *Lean Maintenance*. Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share. Elsevier. Oxford, 1ªed. 2004.
- [42] Rahman, S., Sharif M., Esa M. “*Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation*,” *Procedia Econ. Financ.*, vol. 7, no. Icebr, pp. 174–180. 2013.
- [43]Ahuja, I., Khamba, J. Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 25(7), 709–756. 2008.
- [44] Nakajima, S. *Introduction to TPM*.Cambridge: Productive Press, 1ª ed. 1993.
- [45]Sokovic, M. Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix DMAIC and DFSS, 43(1), 476–483, 2010.
- [46]Ciappei, C., Citti, P. , Bacci, N. Campatelli, G. *La metodologia Sei Sigma nei servizi- Un’ applicazione ai modelli di gestione financeira*. Firenzi University Press, 1ªed. 2006.
- [47] George, M.*Lean Six Sigma for Service*. McGraw.Hill, New York. 2003.
- [48] <http://www.smasalmada.pt/> (consultado em 05/2014).
- [49] Kaheneman, D. *Pensar Rápido Devagar*. Círculo de Leitores. Lisboa, 1ªed. 2002.



# ANEXOS

# ANEXO A1- PROCESSOS EFETUADOS EM CADA FASE DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE ÁGUAS

**Tabela A2 Processos efetuados em cada fase do processo de tratamento de águas**

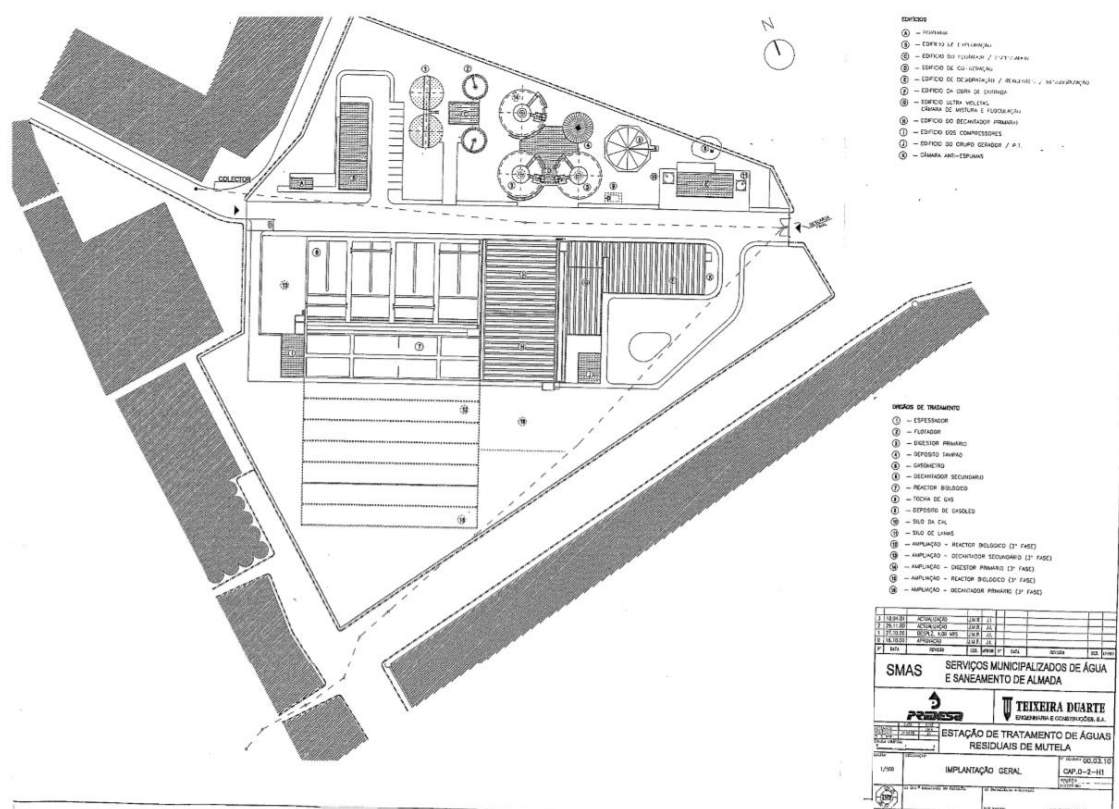
FASE	PROCESSO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
LIQUIDA	Gradagem	2 Grades mecânicas (malha 3mm)
	Elevação	3+1 Bombas submersíveis (750 m <sup>3</sup> /h a 11m.c.a)
	Tratamento físico-químico	3 Unidades de desarenação/desengorduramento e tratamento físico-químico com decantação lamelar 6 Bombas parafuso excêntrico p/recirculação de lamas (5-15 m <sup>3</sup> /h) 1 Classificador de areias 1 Separador de gorduras
	Tratamento Biológico por bio filtração	6 Unidade de bio filtros 1 Cisterna de água tratada 1 Bomba centrífuga para recirculação de caudal (440 m <sup>3</sup> /h) 6 Compressores de ar de processos (325 m <sup>3</sup> N/h)
	Destino final das águas residuais tratamentos	Lançamento em emissário submarino com 140 m de comprimento total e profundidade máxima de 25m
	Elevação das lamas mistas	3+3 Bombas parafuso excêntrico (5-15 m <sup>3</sup> /h)
	Espessamento de lamas	2 Espessadores gravativos (300m <sup>3</sup> )
	Elevação de Lamas à digestão	2 +1 Bombas parafuso excêntrico (2-12 m <sup>3</sup> /h)
SÓLIDA	Digestão anaeróbia	2 Digestores anaeróbios mesófilos (2650 m <sup>3</sup> ) 1 Caldeira (600 kW) 2 Permutares de calor 2+1 Bombas parafuso excêntrico (6-30 m <sup>3</sup> /h)
	Elevação de lamas à desidratação	2+1 Bombas parafuso excêntrico (6-20 m <sup>3</sup> /h)



(Continuação da tabela 5.14 A2 Processos efetuados em cada fase do processo de tratamento de águas)

	Armazenamento de biogás	2 Gasómetros insufláveis (200 m <sup>3</sup> ) 2+1 Compressores de biogás 1 Tocha para queima de gás em excesso
	Desidratação de lamas	2 Centrífugas (20 m <sup>3</sup> /h)
	Estabilização química de lamas	1 Unidade misturadora lama/cal 1 Silo de cal de (30m <sup>3</sup> )
	Armazenamento de lamas desidratadas	1 Silo de lamas (100m <sup>3</sup> )
	Destino Final das Lamas	Valorização agrícola
GASOSA	Produção de energia	2 Unidade de cogeração de 161 kW Pé
	Tratamento de odores	1 Unidade de lavagem química c/ 2 estágios em série (lavagem ácida/lavagem oxidante alcalina)

## ANEXO A2 -PLANTA DA ETAR DA MUTELA



**Figura A2 Planta da ETAR da Mutela**

# ANEXO A3- FICHA DO EQUIPAMENTO(E.G PONTE RASPADORA SECUNDÁRIA)

Denominação Objecto Técnico	Ponte Raspadora Secundária - PRS1, 2, 3, 4	Nº Equipamento	10.01.02	Tipo Objecto	PRL
-----------------------------	--	----------------	----------	--------------	-----

Local Instalação	ETMU-OG_DS100 / ETMU-OG_DS200 / ETMU-OG_DS300 / ETMU-OG_DS400	Conjunto	Ponte Raspadora Rolante	
Localização	SECUN	Grupo Planeamento	DT	
Sala		Nível Superior		
Criticidade	3	Nível Inferior		

Identificação		Especificação			Qtde
Marca	DAGA	Caract.			4
Modelo	MR46	Motor	ABB - M2VA 7 1B4	P=0.37 Kw, I=1.1 A, 1420 rpm	Tipo Functo.
Representante		Redutor	Tecnorans	W110	
Nº Série		Variador	Bonfiglioli	VF49	24H

Lubrificantes		
Rolamentos - Massa : Shell Albida EP2	Chumaceiras - Shell Alvania EP (LF) 2	Redutores - Óleo: Shell Tivela S 320
Cabo - Massa : Shell Malleus GL95	Redutores do Pré-Accionamento - Massa : Shell Tivela GL 00	

Manutenção Preventiva Sistemática					
Periodo	Executante	Elemento	Ação	Descrição	
Quinzenal	MAN	Chumaceiras	LUB	Controlar estado da chumaceira, lubrificar	
		Carril	INSP	Verificar livre percurso das rodas e estado de conservação. Controlar desgaste nas rodas	
		Sensores	INSP	Limpar. Verificar Estado de Conservação e Posição. Confirmar Funcionamento	
		Calha de Cabos	INSP	Comprovar percurso livre dos cabos	
Semestral		Redutores	LUB	Verificar Nível de Óleo	
Anual		Cabos Aço	LUB	Com paragem e inspeção no canal	Lubrificar cabos e verificar apertos
		Estrutura	INSP		Retocar pintura onde necessário de maneira a prevenir corrosão. Controlar apertos e folgas dos elementos de fixação.
		Motor	INSP		Controlar existência de fugas, estado dos retentores e das ligações eléctricas
2 Anos		Redutores	LUB		Substituir óleo
		Motores	INSP		Inspeccionar rolamentos, orings e juntas. Se necessário substituir

Ensaios			Rotação (rpm)	Temp. - Motor (°C)	Temp. - Redutor (°C)	Consumo (A)	

Figura A3 Ficha de equipamento da ponte raspadora secundária

## ANEXO A4- PLANO ANUAL(E.G. BOMBA CENTRÍFUGA , 16 SEMANAS)

					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Refª	Equipamento	Localização	Período	Acção	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
BAB1	Bomba Centrífuga Água Bruta	Poço Gradados	3M	INSP				X												X
BAB1	Bomba Centrífuga Água Bruta	Poço Gradados	6M	INSP				X												Alinhament
BAB1	Bomba Centrífuga Água Bruta	Poço Gradados	A	INSP + INT																
BAB1	Bomba Centrífuga Água Bruta	Poço Gradados	2A	INSP + INT																

Figura A4 Plano anual da bomba centrífuga- primeiras 16 semanas do ano

## ANEXO A5- PLANO MENSAL(E.G. PRIMEIRA SEMANA DO MÊS DE JUNHO)



S.M.A.S. MUNICÍPIO DE ALMADA

SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE ÁGUA E SANEAMENTO

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS

Manutenção Electromecânica: Planeamento, Programação e Assistência Técnica – MAL

### PROGRAMAÇÃO DE TRABALHO

Mês: Fevereiro de 2014

Distribuição de tarefas

Data	Tarefas	Local	Executante	Flexibilidade	Notas
3	4101: Filtro de banda	V	LC + DP		
	2307: Edifício decantação primária – circuito tomadas	M	LC + DP		
4	3090: Bombas elevação inicial	PC	LC + DP		Preparação para passagem de cablagem de sinal
	Bombas elevação inicial – análise energética	PC	LC + DP		
5	MPS Condicionada	M	LC + DP		Registos
	MPS Condicionada	M	LC + DP		Registos
6	MPS Condicionada	M	LC + DP		Registos
	MPS Condicionada	M	LC + DP		Registos
7	2352: BRLB3 – Variador velocidade	M	LC + DP	N	Substituição Siemens – ABB


Figura A5 Plano mensal( primeira semana de Junho)

## ANEXO A6 -FOLHA DE REGISTO DE MPC

Descrição				Registos				
Equipamento		Ref <sup>a</sup>		Rotação (rpm)	Frequência	Temp. - Motor (°C)	Temp. - Redutor / VV (°C)	Consumo (A)
Localização		NS						
Valores Nominais								
Comentários								

Figura A6 Folha de registo de MPC

## ANEXO A7- FICHA DE NS/NA



**SMAR - MUNICÍPIO DE ALMADA**  
**SERVIÇOS MUNICIPALITÁRIOS DE ÁGUA E SANEAMENTO**  
**DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE TRATAMENTO DE ÁGUAS RESIDUAIS**  
**MAL - Manutenção Electromecânica - Planeamento, Programação e Assistência Técnica**

<b>Tipo De Nota</b>	Avária	
	Ação	
	Solicitação PM	

<b>Tipo De Ordem</b>	Manutenção / Correctiva	
	Manutenção / Melhorar	
	Manutenção / Preventiva	
	Manutenção / Inspeção	
	Calibração	

<b>Detectado</b>	
<b>Iniciado</b>	
<b>Concluído</b>	
<b>Aprovado</b>	

<b>Equipamento / Instalação</b>	
---------------------------------	--

<b>Estado Geral do Equipamento / Instalação</b>	Limpeza			
	Corrosão			
	Conservação			

<b>Horas de funcionamento</b>	
-------------------------------	--

**Intervenções:**

**Observações:**

### Figura A7 Ficha de NS/NA

# ANEXO A8- FICHA DE INTERVENÇÃO EXTERNA



SMAS - MUNICÍPIO DE ALMADA  
SERVIÇOS MUNICIPALIZADOS DE ÁGUA E SANEAMENTO  
DEPARTAMENTO MUNICIPAL TRATAMENTO ÁGUAS RESIDUAIS

## SERVIÇO EXTERNO

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_

Hora de saída: \_\_\_\_ : \_\_\_\_

Hora de entrada: \_\_\_\_ : \_\_\_\_

Viatura: 15-23-QF - SMAS 11

Kms iniciais: \_\_\_\_\_

Kms finais: \_\_\_\_\_

### LEVANTAMENTO EM ARMAZÉNS

Cliente: \_\_\_\_\_

Nº reserva: \_\_\_\_\_

Materiais a levantar: \_\_\_\_\_

Arm 1 ☐

Arm 2 ☐

Economato ☐

Ferramentaria ☐

Material entregue/recebido por: \_\_\_\_\_

Nome colaborador: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_ : \_\_\_\_

Fundamentação dos pedidos não satisfeitos: \_\_\_\_\_

### AQUISIÇÕES POR FUNDO DE MANEIO

Materiais a adquirir: \_\_\_\_\_

Material entregue/recebido por: \_\_\_\_\_

Nome colaborador: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_ : \_\_\_\_

Fundamentação dos pedidos não satisfeitos: \_\_\_\_\_

### ENTREGAS DE EQUIPAMENTOS A REPARAR

Equipamento: \_\_\_\_\_

Fornecedor a contactar: \_\_\_\_\_

Guia de Acompanhamento do Equipamento: \_\_\_\_\_

Sim ☐

Não ☐

Equipamento entregue a: \_\_\_\_\_

Nome: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_ : \_\_\_\_

### RECOLHA E TRANSPORTE DE RESÍDUOS RECICLÁVEIS

Quantidades: \_\_\_\_\_

Plástico \_\_\_\_\_

Papel/cartão \_\_\_\_\_

Vidro \_\_\_\_\_

Outros \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_

Hora: \_\_\_\_ : \_\_\_\_

Assinatura do Colaborador

Assinatura do Coordenador

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## ANEXO A9- MÉDIA DE TEMPO DESPENDIDO EM DESLOCAÇÃO ATÉ AOS ARMAZÉNS

**Tabela A9.1. Média de tempo do deslocamento da sala de comando aos armazéns**

<b>Deslocamento</b>	<b>Tempo (s)</b>
Sala de Comando-Armazém de Peças de Reserva	135
Sala de Comando-Armazém de Lubrificantes e Detergentes	186
Sala de Comando-Armazém de Ferramentas	38
Média	119.6

**Tabela A9.2 Média de tempo do deslocamento do armazém ao equipamento**

	<b>Deslocamento</b>	<b>Tempo (s)</b>	<b>Média</b>
Menor Distância	Armazém de Peças de Reserva-Equipamento	20	130
Maior Distância	Armazém de Peças de Reserva-Equipamento	240	
Menor Distância	Armazém de Lubrificantes e Detergentes-Equipamento	34	132
Maior Distância	Armazém de Lubrificantes e Detergentes-Equipamento	230	
Menor Distância	Armazém de Ferramentas-Equipamento	25	87.5
Maior Distância	Armazém de Ferramentas-Equipamento	150	
	Média		131

**Tabela A9.3 Média de tempo do deslocamento da sala de comando ao equipamento**

	<b>Deslocamento</b>	<b>Tempo(s)</b>
Menor Distância	Sala de Comando-Equipamento	83
Maior Distância	Sala de Comando-Equipamento	183
	Média	133



**Tabela A9.4 Média de tempo do deslocamento do armazém de ferramentas ao equipamento**

	<b>Deslocamento</b>	<b>Tempo(s)</b>
Menor Distância	Sala de Comando-Equipamento	47
Maior Distância	Sala de Comando-Equipamento	145
	Média	96

**Tabela A9.5 Média de tempo do deslocamento da sala de comando ao equipamento**

	<b>Deslocamento</b>	<b>Tempo(s)</b>
Menor Distância	Sala de Comando-Equipamento	47
Maior Distância	Sala de Comando-Equipamento	147
	Média	97

**Tabela A9.6 Média de tempo do deslocamento do gabinete do MAL ao equipamento**

	<b>Deslocamento</b>	<b>Tempo(s)</b>
Menor Distância	Gabinete do MAL-Equipamento	46,8
Maior Distância	Gabinete do MAL-Equipamento	146.8
	Média	96.8